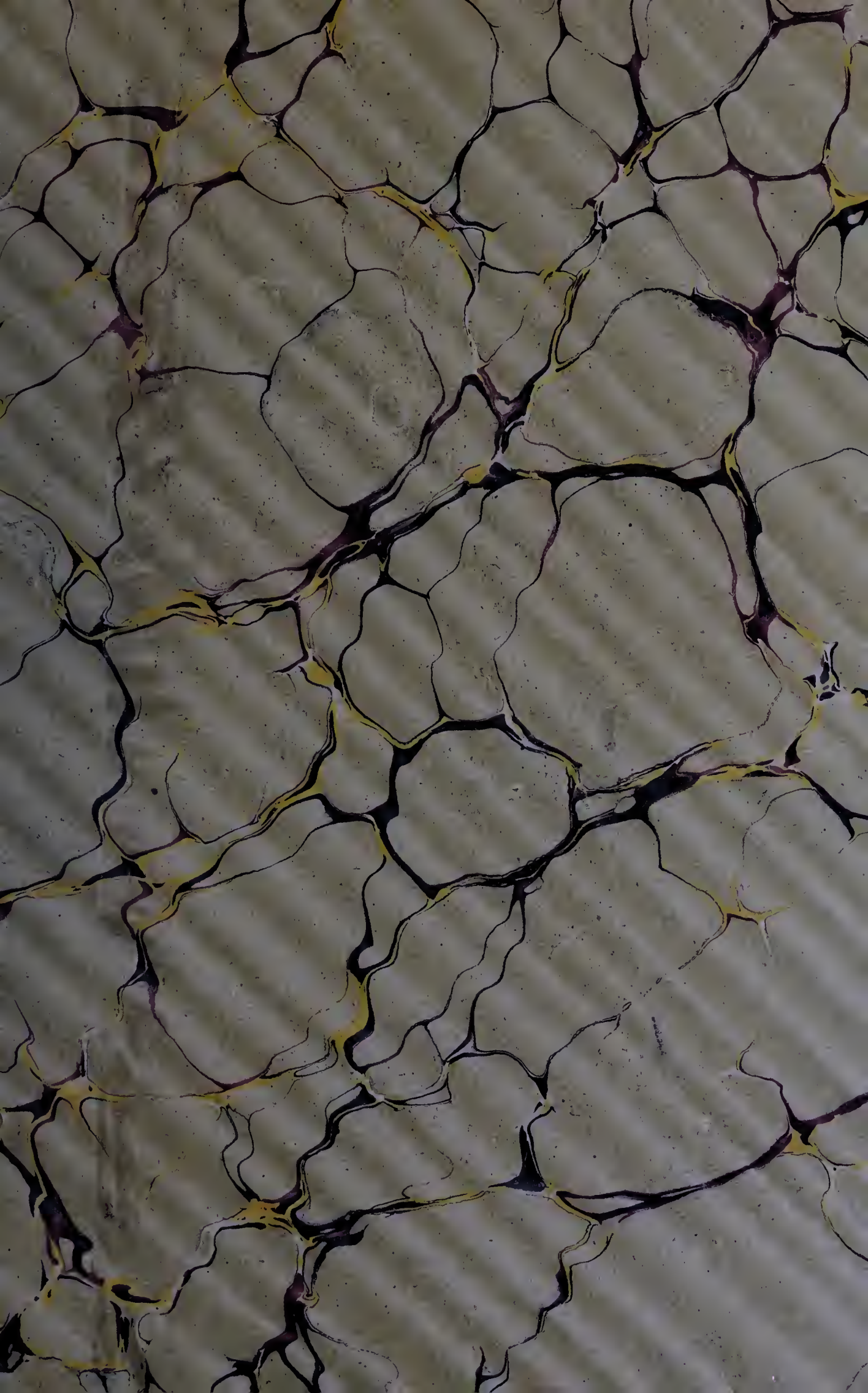


MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe VI. — Génie civil. — Moyens de transport

PREMIÈRE PARTIE. — CLASSES 28 À 31

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMII

C. F. E.

RAPPORTS DU JURY INTERNATIONAL

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe VI. — Génie civil. — Moyens de transport

PREMIERE PARTIE. — CLASSES 28 À 31

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMII

Fb 250
COMITÉ FRANÇAIS
DES EXPOSITIONS À L'ÉTRANGER
N° 557
BIBLIOTHÈQUE

CLASSE 28

Matériaux, matériel et procédés du Génie civil

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

M. PAUL DEBRAY

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
ANCIEN PROFESSEUR ET CHEF DU SERVICE DES LABORATOIRES
À L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

IMPRIMERIE NATIONALE

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. Guillotin (Amédée), *Président*, ancien président du Tribunal de commerce de la Seine et du Syndicat des entrepreneurs de travaux publics de France (comités, jury, Paris 1889; président des comités, Paris 1900), rue de Lourmel, 77 ..... France.

Schoulatchenko (Alexis), *Vice-Président*, ingénieur, professeur à l'Académie du génie militaire de Saint-Pétersbourg, vice-président de la Société impériale technique, à Saint-Pétersbourg ..... Russie.

Debray (Paul), *Rapporteur*, ingénieur en chef des ponts et chaussées, ancien professeur et chef du service des laboratoires à l'École nationale des ponts et chaussées (rapporteur des comités, Paris 1900), avenue Kléber, 41 ..... France.

Morel (Auguste), *Secrétaire*, ingénieur des arts et manufactures (médaille d'or, plâtres, Paris 1889 : comité d'admission, Paris 1900), ancien président de la Chambre syndicale des matériaux de construction, ancien vice-président du Comité central des chambres syndicales, rue de Paris, 114, à Montreuil-sous-Bois (Seine) ..... France.

JURÉS TITULAIRES FRANÇAIS.

Boutan (Paul), ingénieur en chef des ponts et chaussées, ingénieur-conseil de la Compagnie générale des eaux (vice-président des comités, Paris 1900), rue de Prony, 53 ..... France.

Chatelin (Édouard), conseiller général du Loiret, président du Syndicat professionnel des entrepreneurs de travaux publics de France (comité d'admission, Paris 1900), à Orléans (Loiret) et rue du Faubourg-Montmartre, 10 ..... France.

Dru (Léon), sondages (comités, Paris 1889, 1900), boulevard Malesherbes, 28 ..... France.

Favaron (Louis), directeur de l'Association des charpentiers de Paris, (comités, Paris 1900), rue Labrouste, 24 ..... France.

Gougelet (Henri), vice-président de la Chambre syndicale des fabricants de plâtre de Seine-et-Oise, quai Jemmapes, 76 ..... France.

Houppe (Xavier), président de la Chambre syndicale des entrepreneurs de peinture (comités, Paris 1900), rue du Dôme, 9 ..... France.

Michau (Henri), entrepreneur de travaux publics (trésorier des comités, Paris 1900), rue Denfert-Rochereau, 47 ..... France.

Préaudeau (Albert de), ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École nationale des ponts et chaussées (comité d'admission, Paris 1900), rue Saint-Guillaume, 21 ..... France.

JURÉS TITULAIRES ÉTRANGERS.

MM. Cousin (Jean), ingénieur honoraire des ponts et chaussées, à Bruxelles... Belgique.

Ockerson (J.-A.), membre de la Commission du fleuve Mississipi..... États-Unis.

Vernon-Harcourt (L.-F.), maître ès arts de l'Université d'Oxford..... Grande-Bretagne.

Wenceslau de Souza Pereira de Lima (Conseiller), ancien député, ingénieur des mines, professeur à l'Académie polytechnique de Porto..... Portugal.

JURÉS SUPPLÉANTS FRANÇAIS.

Candlot (Édouard), président de la Chambre syndicale des chaux et ciments (secrétaire des comités, Paris 1900), à Dennemont, près Mantes (Seine-et-Oise), et rue d'Édimbourg, 18..... France.

Delalonde (Émile), entrepreneur de travaux publics (comité d'admission, Paris 1900), ancien vice-président de la Chambre syndicale de la maçonnerie, rue d'Erlanger, 65..... France.

Laurent (Florentin), entrepreneur de travaux publics, juge au Tribunal de commerce de Vienne, à Vienne (Isère)..... France.

Loiseau (Charles), ingénieur en chef de la Société des constructions de Levallois-Perret, rue Fouquet, 42, à Levallois-Perret (Seine)..... France.

Margot (Maurice), ingénieur des ponts et chaussées, sous-chef d'exploitation de la Compagnie des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée (comité d'admission, Paris 1900), rue de la Pépinière, 10..... France.

JURÉS SUPPLÉANTS ÉTRANGERS.

Levie..... Belgique.

Wilkins (George-S.), professeur de génie civil, à Alabama..... États-Unis.

MATÉRIAUX, MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL.

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

Le XIXe siècle ayant été caractérisé principalement par le grand développement qu'ont eu dans cette période les œuvres du Génie civil, — ces mots « Génie civil » étant pris dans leur acception la plus large, — les organisateurs de la grande manifestation qui devait servir d'apothéose au siècle finissant ont jugé nécessaire de subdiviser le Génie civil en plusieurs groupes et classes.

Depuis longtemps déjà, on a détaché l'Architecture du groupe du Génie civil. Peut-être serait-il plus exact de dire que le Génie civil, qui s'est formé sous l'égide de l'Architecture, a pris depuis longtemps une personnalité distincte. Ce serait alors l'enfant qui maintenant soutiendrait et dirigerait la mère, le Génie civil étant, en raison de ses progrès incessants, appelé à prendre une influence de jour en jour plus grande sur l'Architecture, qui peut, qui doit modifier ses conceptions en profitant des ressources que le Génie civil lui fournit de jour en jour plus abondantes, plus précieuses.

Certaines branches du Génie civil ont pris dans le cours du siècle un développement assez important pour devoir être maintenant considérées isolément; telles sont la Mécanique, l'Électricité, le Génie agricole, le Génie maritime (ce dernier génie ne se présentant pas toujours avec des attributs pacifiques).

Le Génie civil a utilisé tout d'abord les matériaux fournis par la nature, au moyen de procédés rudimentaires, en réduisant au minimum les modifications, le travail à faire subir à ces matériaux. Dans le cours du XIXe siècle, l'exploitation des matériaux naturels a donné lieu à des installations importantes employant des outils, des appareils perfectionnés. En même temps que l'industrie transformait, modifiait davantage les produits de la nature, elle mettait au jour des produits nouveaux, dits « artificiels », dont l'importance est aujourd'hui considérable. On comprend donc qu'à la fin du XIXe siècle, l'Exploitation des forêts, celle des carrières, aient pu être détachées du groupe du Génie civil et qu'il en soit de même de la Métallurgie, de la Céramique, de la Verrerie, etc.

L'Exposition de 1900 a vu établir, en ce qui concerne le Génie civil, ou plutôt la spécialité des travaux publics, de l'établissement des voies de communication, de transport, une distinction plus ou moins nette entre la conception et l'exécution des œuvres. Les projets de travaux publics ont formé à l'Exposition de 1900 une classe séparée, la Classe 29, ainsi qu'il en était depuis longtemps des projets d'architecture;

les matériaux, le matériel, les procédés du Génie civil, qu'ils s'appliquent à des œuvres d'architectes ou à des œuvres d'ingénieurs, ont alors — moins les distractions précédemment notées — constitué la Classe 28.

Il doit être rappelé que si, d'un côté, les matériaux, le matériel et les procédés du Génie civil doivent être préparés, étudiés, perfectionnés en vue de leur emploi pour la réalisation des projets des architectes, des ingénieurs, ceux-ci devront, d'autre part, dans les études de projets, tenir grand compte des ressources qui sont déjà ou pourront être mises à leur disposition, pour matérialiser leurs conceptions qui, autrement, resteraient vaines, chimériques.

Ce n'est qu'en se prêtant un mutuel appui, ce n'est que par une entente cordiale qu'exploitants ou fabricants de matériaux de construction, fabricants de matériel, entrepreneurs, architectes, ingénieurs pourront continuer à faire progresser l'humanité sous l'inspiration du Génie civil, leur patron commun.

SOUS-DIVISIONS DE LA CLASSE 28.

DIVISIONS DU RAPPORT.

Les observations préliminaires que nous avons cru devoir présenter font comprendre toute la difficulté de la tâche qui incombait au Jury de la Classe 28, appelé à apprécier des parties détachées, de ci de là, de l'ensemble trop considérable du Génie civil. Heureusement le Jury a su mettre à sa tête, pour diriger ses travaux, une personnalité éminente, possédant à fond les traditions des dernières expositions universelles internationales faites en France et à l'étranger, ayant présidé aux travaux du comité français d'admission, du comité français d'installation de la Classe 28, et dont l'esprit méthodique a immédiatement reconnu les sous-divisions qu'il convenait de faire et la marche qu'il convenait d'adopter pour mener à bonne fin les opérations du Jury dans le délai très court imparti.

D'un commun accord, on a établi trois grandes divisions :

1° Les matériaux de construction;

2° Le matériel et les procédés du bâtiment;

3° Le matériel et les procédés des entreprises de travaux publics.

On a mis dans une 4e division tout ce qui ne rentrait pas immédiatement dans les trois premières, en particulier les expositions si intéressantes de phares.

L'expérience a prouvé que cette répartition était très rationnelle; toutefois nous croyons devoir, pour notre rapport, reprendre dans chacune des quatre sections indiquées ce qui se rattache plus spécialement aux pierres artificielles, au béton armé et le porter à la 1re section.

Au cours des opérations du Jury, tous les membres ont rivalisé de zèle et de dévouement sous l'habile direction du président, chacun fournissant libéralement tous les

renseignements qu'il pouvait posséder antérieurement aux visites, examinant avec le plus grand soin les expositions présentées le plus généralement au Jury par les exposants ou leurs représentants attitrés, les documents remis; les avis formulés par le Jury en toute connaissance de cause ont presque tous été émis à l'unanimité des membres présents.

Nous devons signaler que plusieurs de nos collègues ont bien voulu nous donner une collaboration spéciale et nous remettre des notes qui nous ont été précieuses pour la rédaction de notre rapport; nous citerons en particulier pour les matériaux de construction : M. le général Schouliatchenko, vice-président du Jury, MM. Candlot, Gougelet, Morel; pour le bâtiment : MM. Henri Michau, Delalonde, Houppe; pour les travaux publics : MM. de Préaudeau, Margot; pour la 4e section : MM. Boutan et Loiseau; nous leur renouvelons publiquement ici tous nos remerciements, nous excusant auprès d'eux en particulier, comme auprès de tous nos collègues en général, de n'avoir pas mieux répondu à la confiance qu'ils ont bien voulu nous accorder, en nous confiant les fonctions si lourdes de rapporteur.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

MATÉRIAUX DIVERS.

Par application des anciens errements, le Jury de la Classe 28 a eu à apprécier encore quelques collections de matériaux de construction qui, d'après la classification nouvelle adoptée, ne lui revenaient pas entièrement.

Ayant décerné une médaille d'or à M. Jean Cavallier, industriel à Troyes, pour son exposition de pierres de taille, moellons des carrières d'Étrochey, Ampilly-le-Sec, Cerilly, Magny-Lambert, et au Gouvernement général d'Algérie, pour une collection de matériaux de construction, une mention honorable au Service des travaux publics de Madagascar, le Jury a attribué un grand prix à l'Administration des chaussées, des voies navigables et des ports de commerce de Russie, des médailles d'or à l'Administration des chemins de fer de Russie (service de construction et service d'exploitation), pour des collections analogues très importantes et très intéressantes. Quelques-uns des ingénieurs de l'Administration des chemins de fer russes, particulièrement signalés au Jury, ont reçu des récompenses de collaborateur, savoir : MM. Pogrebinski et Zauzé, des médailles d'or, et MM. Balascheff, Bardovsky et Jacobovski, des médailles d'argent.

Une médaille de bronze a été attribuée à M. Mège qui exposait notamment des plans et panoramas d'une carrière de grès installée à Fougerolles-sur-Orne.

Le Jury a été heureux que la Société anonyme des manufactures des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, qui avait déjà, dans les Classes 24,

73 et 111, des expositions très importantes, ait bien voulu exposer dans la Classe 28 quelques-uns de ses produits destinés aux constructions : verres bruts, minces, carrelages, dalles moulées en verre, plaques d'opalines; il a décerné à cette Société un grand prix, accompagné de deux médailles d'argent de collaborateurs pour MM. Crochet et Girieud.

CHAUX ET CIMENTS.

Les chaux et les ciments sont, avec les plâtres, les principaux matériaux de construction qui ressortissaient à la Classe 28, après la distraction faite de nombreux matériaux de construction naturels ou artificiels répartis dans d'autres groupes, dans d'autres classes.

Ces matériaux sont produits, employés depuis fort longtemps, de sorte qu'il est assez commun de croire que leur production, leur fabrication, leur emploi ne sont guère susceptibles de perfectionnements.

Il n'en est pas ainsi, quoi qu'en pensent non seulement le grand public, mais encore un trop grand nombre d'ingénieurs, d'architectes, d'entrepreneurs.

Il n'est donc pas inutile peut-être de rappeler, une fois de plus, que l'industrie des chaux et ciments a été rénovée entièrement, fondée enfin sur des bases scientifiques dans les premières années du XIXe siècle par un illustre savant français, Vicat, ingénieur des ponts et chaussées, dont les travaux sont encore consultés avec le plus grand fruit par les savants, les ingénieurs qui étudient, en France et à l'étranger, cette question qui n'est pas encore complètement élucidée. S'il a déjà été fait beaucoup, il reste encore beaucoup à faire au point de vue scientifique, au point de vue industriel.

Les chaux et les ciments forment des séries continues, s'enchevêtrant d'ailleurs les unes dans les autres, suivant les procédés de fabrication employés.

La Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, instituée en 1891, près le Ministère des travaux publics, en suite de vœux formulés par deux des congrès internationaux de l'Exposition de 1889, avait, au début de ses travaux, mis à son ordre du jour une classification des chaux et ciments. Diverses considérations, notamment des considérations d'ordre commercial, ont conduit cette Commission à renoncer à établir une classification détaillée, comme il en existe dans certains pays étrangers. Le Jury de la Classe 28 a dû imiter cette réserve et s'est borné à faire deux grandes catégories, les chaux d'une part et les ciments de l'autre.

Chaux. — L'exposition des chaux hydrauliques, naturelles ou artificielles, des ciments qui sont obtenus par des traitement appropriés comme corollaires de la fabrication des chaux hydrauliques, était considérable, spécialement pour la France qui produit le plus de chaux hydraulique et de ciment naturel à prise rapide. Nous devons noter que, conformément à la pratique adoptée aujourd'hui d'une manière générale, presque exclusive, toutes les chaux présentées étaient des chaux éteintes en poudre, blutées, destinées à être livrées aux consommateurs en sacs plombés.

A l'unanimité, sans discussion aucune, le Jury de la Classe 28 a décerné un grand prix à la Société J. et A. Pavin de Lafarge, si universellement et avantageusement connue par la qualité exceptionnelle de la chaux du Teil, et nous ajouterons du ciment Portland de grappier du Teil. Cette importante maison ne se contente plus de fabriquer avec un soin jaloux et une conscience dignes d'éloges ses chaux hydrauliques et ciments Portland de Lafarge et du Teil, la chaux hydraulique et le ciment Portland de Cruas, elle a monté une usine de ciment de laitier à Vitry-le-François et créé des usines de matériaux artificiels à Hussein-Dey, près Alger, et à Bab-el-Khadra, près Tunis. Un de ses collaborateurs, M. J. Bied, ancien élève de l'École polytechnique, directeur du laboratoire de la Société, a établi une monographie fort utile à consulter à divers égards, libéralement distribuée par la Société. Des médailles de collaborateurs ont récompensé M. Siméon, ingénieur-conseil de la Société qu'il représente à Paris (médaille d'or); M. Bied, déjà nommé, M. Girardot, directeur de l'usine de ciment de laitier de Vitry-le-François; MM. Maicnot et Reymond ont reçu des médailles d'argent.

La France est si riche en carrières de calcaires propres à faire des chaux hydrauliques et la fabrication est si active, si soignée, que le Jury de la Classe 28 a pu justement décerner quatre médailles d'or : à MM. Fisson et Cie, de Xeuilley (Meurthe-et-Moselle), à M. Huguet, de Paviers (Indre-et-Loire), à la Société anonyme de ciments et chaux hydrauliques de Beffes (Cher), à la Société des chaux hydrauliques et ciments de l'Aube.

La réputation des chaux de Xeuilley, de Paviers, de Beffes, de Seilley, de Ville-sous-la-Ferté est d'ailleurs établie depuis de longues années, et le meilleur éloge qu'on puisse faire des quatre maisons récompensées est qu'elles ont su se maintenir à la hauteur de leur réputation, excitées qu'elles sont d'ailleurs par la concurrence qui les menace. MM. Fisson et Cie ont obtenu une médaille d'argent pour un de leurs collaborateurs, M. Chatain, et une médaille de bronze pour M. Gespérières.

Cinq médailles d'argent ont été décernées : à MM. Boulanger, de Montevrain (Seine-et-Marne), Fauh, d'Issy-les-Moulineaux (Seine), Froidure-Harmand, de Sannois (Seine-et-Oise), Lanclois, de Beffes (Cher), à la Société des ciments et chaux hydrauliques de Marseilles-les-Aubigny (Cher). L'usine exploitée par M. Fauh, pour la fabrication de chaux hydraulique artificielle, présente un intérêt particulier en ce qu'elle a été établie, en 1826, sur les plans de Vicat, qui a également donné tous les conseils pour commencer la fabrication de la chaux hydraulique artificielle au moyen de la craie qu'on extrait en galeries et d'argile plastique que l'on rencontre à la surface du sol; un des collaborateurs les plus anciens de M. Fauh, M. Schérer (Nicolas), a obtenu une médaille de bronze.

Des médailles de bronze ont été attribuées à quatre fabricants: MM. André, de Vermenton (Yonne), Alfred Bouvet et fils, de Salins (Jura), de Franclieu, d'Hagedet (Hautes-Pyrénées), Poliet-Périn et Chausson exploitant la marque Picardeau, de Beffes (Cher).

Des mentions honorables ont été accordées : à M. Bernès, de Rébenacq (Basses-

Pyrénées), et à deux de ses collaborateurs, MM. Ragot et Mouget; à MM. Thorrand fils et Cie, de Nice (Alpes-Maritimes); à la Société anonyme des chaux hydrauliques du Nord. Nous noterons que cette dernière Société qui doit fabriquer, comme M. Fauh, de la chaux hydraulique artificielle, s'est naturellement montée avec un outillage moderne.

Des efforts sérieux ont été faits en ces dernières années, en Algérie et en Tunisie, pour fabriquer sur place des chaux hydrauliques de qualité satisfaisante.

L'Algérie n'était toutefois représentée que par un seul exposant, M. Pellenc, de Blida, auquel le Jury a décerné une mention honorable.

En Tunisie, nous avons trouvé un exposant très sérieux, M. P. Potin, qui a créé en 1889, sur son domaine de Potinville, une usine de chaux et de ciment habilement dirigée par M. Schereck, et qui a pris un rapide développement; sa production dépasse actuellement 16,000 tonnes. Une médaille d'argent a été attribuée à M. P. Potin, et son collaborateur, M. Schereck, a reçu une médaille de bronze. Une mention honorable a été décernée à un autre fabricant de chaux, Mme Vve de Parade, à Tunis.

Sur nos frontières, la Belgique présentait la chaux hydraulique du Coucou, qui, à certains moments, a pénétré en assez grande quantité en France.

L'Italie, d'autre part, présentait des chaux et ciments de Florence, de Casale Monferrato. La *Société anonyme pour la fabrication de la chaux et du ciment (naturel) de Casale Monferrato* a une importance considérable en Italie : elle ne fabrique pas moins de 65,000 tonnes de chaux et 35,000 tonnes de ciment; elle a reçu une médaille d'or, et des mentions honorables ont été attribuées à quatre de ces collaborateurs, contremaîtres et ouvriers, MM. Desecundi, Barardi, Verone, Graziano.

M. Falorni, de Turin, et la Société anonyme des carrières et fours à chaux et à ciment du Coucou ont reçu des médailles d'argent.

Des médailles d'argent ont encore été attribuées à la Société bulgare de tuilerie Rabotnick, à la Compagnie mexicaine de chaux hydraulique de Mexico, à MM. Erler et Cie, d'Azuga (Roumanie).

La Municipalité de Atotonilco (Mexique), M. Basile Aldasoro, de Comarnic (Roumanie), et M. Tajibéi Irimajiri, de Koti (Japon), ont reçu des médailles de bronze.

Des mentions honorables ont été décernées : pour la Bulgarie, à M. Wassilief, de Glana-Panega; pour la Grande-Bretagne, à M. Darné, à Roche-Noire (Île Maurice); pour le Portugal, à la Compagnie coloniale de Bugi (Lisbonne), à MM. Guimaraes et Bracourt, de Figueira da Foz, Oliveira et Irmao, de Lisbonne, Ribeiro, de San-Thomé; pour la Roumanie, à MM. Kohn, de Prédéal, Manoël, de Comarnic, Negroponte, de Grozesti; pour le Japon, à MM. Komatsu, de Riutaro, et Schimada, de Kohei.

Ciments. — La fabrication des ciments, spécialement celle des ciments Portland artificiels proprement dits, a pris, en ces dernières années, une très grande importance en France et à l'étranger; il paraît d'ailleurs certain que cette industrie se développera

encore là où elle est déjà établie, là où des circonstances propices permettront de l'y établir dans de bonnes conditions, l'emploi des ciments Portland artificiels se vulgarisant de plus en plus.

Une grande partie des fabricants français de ciment Portland artificiel se sont, assez récemment, constitués en un syndicat qui avait groupé quelques-unes des expositions de ses adhérents dans un pavillon fort coquet en ciment armé, construit et orné par la maison Coignet. Dans ce pavillon figurait une collection du journal *Le Ciment,* organe du syndicat, édité et publié par la Société anonyme des publications industrielles, à laquelle une médaille d'argent a été justement accordée.

Trois maisons françaises ont été mises hors concours par suite de la présence dans le Jury de membres de leurs conseils d'administration, de leur directeur; ce sont : la Société des ciments français, de Boulogne-sur-Mer, MM. Vicat et Cie, la Compagnie parisienne des ciments Portland artificiels (Candlot et Cie).

On sait que la Société des ciments français, de Boulogne-sur-Mer, constituée par la fusion des établissements Lonquéty et Cie, de Boulogne, et Famchon et Cie, de Desvres, exploite les usines de Boulogne fondées par Demarle en 1855 (marque Demarle et Lonquéty) et l'usine de Desvres créée par MM. Famchon et Cie en 1875, une usine établie par la Société elle-même en 1895, à Guerville, près Mantes. La production des trois usines réunies atteint près de 200,000 tonnes; cette société est donc une des plus puissantes du monde. La fabrication se fait par voie humide; les matières premières sont délayées à grande eau; la pâte est ensuite séchée, cuite dans des fours intermittents ou continus, pulvérisée au moyen d'appareils de diverses sortes. Cette société a obtenu depuis longtemps les plus hautes récompenses.

La Société Vicat et Cie est presque aussi ancienne que la précédente; l'usine de Genevrey, dans laquelle elle fabrique son ciment Portland artificiel si justement réputé, a été fondée en 1857 par M. J. Vicat, fils et élève de l'illustre Vicat, aujourd'hui le doyen vénéré des fabricants de ciment Portland artificiel. La Société Vicat fabrique d'ailleurs, outre son ciment Portland artificiel, un ciment prompt dit *de la Grande Chartreuse*, et un ciment à prise demi-lente d'Uriage. Après avoir rendu à M. J. Vicat un hommage officiel, le Jury a décerné une médaille d'or à l'un de ses collaborateurs, M. Cornier, directeur de l'usine de Genevrey, et des médailles d'argent à MM. Rochas et Roget, contremaîtres attachés depuis longtemps à la Société.

L'usine de Dennemont, près Mantes (Seine-et-Oise), de la Compagnie parisienne des ciments Portland artificiels, est de fondation beaucoup plus récente (1893), mais, grâce aux capacités scientifiques, techniques et commerciales de son directeur-fondateur, elle a déjà acquis une situation telle, que, si elle n'avait été mise hors concours par suite de la présence de M. Ed. Candlot dans notre Jury, elle eût obtenu assurément l'une des plus hautes récompenses; c'est la première usine française qui ait employé uniquement des fours à cuisson continue; elle a été la première également, en France et même en Europe, à adopter le four rotatif inauguré en Amérique.

Quatre grands prix ont été décernés, par le Jury, à des sociétés fort avantageuse-

ment connues : deux sociétés du Boulonnais, une maison du Dauphiné, une maison du centre de la France.

L'usine aujourd'hui exploitée par la Société Darcy, Lefebvre, Stenne et Lavocat a été fondée en 1862 par MM. Darcy et Lefebvre; c'est donc, après l'usine Demarle, de Boulogne, la plus ancienne usine du Boulonnais; on peut y signaler quelques innovations : l'emploi de l'électricité pour le transport des matières premières de la carrière à l'usine, et l'emploi de broyeurs Phœnix à boulets et force centrifuge pour la mouture.

La Compagnie nouvelle des ciments du Boulonnais est d'origine beaucoup plus récente (1881); son usine de Desvres est la plus importante des usines du Boulonnais après celle de Boulogne; sa production atteint de 40,000 à 50,000 tonnes par an; elle a promptement acquis une excellente réputation.

La Société Delune et Cie est l'union de trois maisons réputées : Dumolard et Viallet, Carrière et Cie, Dupuy de Bordes et Cie; elle produit un ciment prompt excellent, qui a été employé en quantité considérable pour l'exécution de conduites d'eau, et des ciments à prise plus ou moins lente jusqu'au ciment qu'elle dénomme *ciment Portland artificiel de la Porte de France*. Cette Société, non seulement produit du ciment, mais elle en fait l'emploi pour la fabrication de tuyaux en ciment ordinaire ou en ciment armé; elle exécute des travaux publics, spécialement des conduites d'eau. En outre du grand prix accordé à la société, deux médailles de collaborateur ont été décernées, l'une en argent à M. Roustan, l'autre en bronze à M. Génevois.

L'usine de Frangey, de la Société anonyme des ciments Portland artificiels de Frangey, a été fondée en 1868 par MM. Quillot frères, qui la dirigent encore aujourd'hui avec la collaboration de M. Leuvrais, ingénieur des arts et manufactures. La fabrication du ciment se fait par voie sèche; les matières premières convenablement desséchées sont mélangées méthodiquement, de manière à obtenir le dosage normal indiqué; la cuisson s'opère dans un four Hoffmann à vingt compartiments. En plus du grand prix accordé à la Société, le Jury a attribué une médaille d'argent à M. Leuvrais et deux médailles de bronze à MM. Pascal, chef de fabrication, et Heurtaux, contremaître principal.

Des médailles d'or ont été attribuées à trois maisons boulonnaises, MM. Cambier et Cie, de Pont-à-Vendin; Société des ciments de Dannes, Sollier et Cie, et à MM. Pelloux père et fils et Cie, de Grenoble, pour leurs ciments du Valbonnais à prise lente et à prise prompte, ces quatre maisons étant justement réputées pour la qualité de leurs produits.

Les maisons récompensées par des médailles d'argent sont au nombre de six, dont une seule, la Société anonyme des ciments de Pernes, à Pernes-en-Artois (Pas-de-Calais), se rattache au groupe du Bourbonnais. Les maisons Landry, Millot et Cie, et la Société anonyme des ciments Portland artificiels de Moutot, appartiennent au groupe du centre. La Société des ciments d'Allas est une tentative récente d'émancipation faite par le Sud-Ouest de la France pour s'affranchir du tribut payé jusqu'à présent aux usines du Boulonnais et du Dauphiné. La sixième maison, la Société anonyme des ciments de laitier de Donjeux (Haute-Marne) est la première maison de France qui ait utilisé le laitier de

hauts fourneaux à la fabrication d'un ciment spécial qui convient fort bien à certains emplois.

Des médailles de bronze de collaborateurs ont été accordées à M. Duprey, de la Société des ciments de Moutot, et à M. Girardin, de la Société des ciments de Donjeux.

Des médailles de bronze ont été accordées à M. Froidure Harmand, d'Argenteuil, et à la Société des ciments Portland artificiels du Charolais, récemment fondée à Palinges (Saône-et-Loire) dans un pays jusqu'à présent peu favorisé à ce point de vue.

Nous noterons pour terminer en ce qui concerne la France : la Société Thorrand, Durandy et Cie, plus récemment encore créée à Nice pour la fabrication de ciment naturel et de chaux hydraulique artificielle, et MM. Courtadon et Fayard, de Lezoux (Puy-de-Dôme).

Sur trois exposants belges, deux étaient hors concours par suite de la présence de leurs directeurs ou administrateurs dans le Jury : MM. Levie frères, de Cronfestu, la Société anonyme North Portland Cement, d'Anvers; le troisième exposant, la Société anonyme des usines Dufossez et Henry, de Cronfestu-Morlanwelz, a obtenu une médaille d'or. C'est dire que la qualité des exposants suppléait à la quantité. La Belgique, d'ailleurs, est admirablement placée pour la fabrication du ciment Portland qu'elle exporte si facilement au delà des mers avec des frets extrêmement bas, notamment au départ d'Anvers. Des médailles de collaborateurs ont été décernées pour la maison Levie : une médaille d'argent à M. Dubois, chimiste, deux médailles de bronze à MM. Stocart et Vandamme, et pour la Société Dufossez et Henry, une médaille de bronze à M. Meunier.

L'*Espagne* a donné deux exposants, dont l'un, la Société générale des ciments Portland, de Sestao, s'est trouvé hors concours; le second exposant, MM. Uriarte, Zubimendi y Cie, de Zumaya, bien connu en France pour les fournitures de ciment à prise rapide faites autrefois dans les ports, pour les travaux de défense des rivages de l'Atlantique, a obtenu une médaille d'argent pour la maison et trois médailles de bronze pour des collaborateurs, MM. Miguel Salveria, Aramone Elozegui et Pio Zurimendi.

Bien qu'il existe en *Angleterre,* non comme on le croit trop souvent, à Portland même, mais bien plutôt sur les rives de la Tamise, de nombreuses et importantes usines de ciment Portland, une seule médaille d'or a été décernée à la maison Francis and Co de Londres, qui maintient sa réputation, bien qu'une partie de ses débouchés anciens lui soient maintenant fermés par la création de nouvelles usines en France, en divers pays d'Europe pouvant faire de l'exportation, aux États-Unis d'Amérique. Au Canada même, des usines se sont récemment fondées, afin que le Dominion se suffise à lui-même, en cela comme en beaucoup d'autres objets, et le Jury a décerné trois médailles d'argent aux Sociétés Owen Sound Portland Cement Works, de Shallow Lake, Queenstown Cement Works, de Queenstown, Thorold Cement Works, d'Ontario.

Nous noterons encore :

En *Italie,* après la Société anonyme pour la fabrication de la chaux et du ciment, de Casale Monferrato, déjà nommée, récompensée d'une médaille d'or et de plusieurs médailles de collaborateurs, M. Fedreghini, de Milan, auquel a été attribuée une mention honorable.

Au *Mexique,* M. José Watson, fabricant de ciment Portland, a reçu une médaille de bronze; l'exposition mexicaine comprenait diverses expositions de ciment naturel.

Au *Portugal,* la Fabrica privigeliada de cimento Portland artificial tejo, à Alhandra, a obtenu une médaille d'argent; une mention honorable a été décernée à la Green Island Cement Company limited, de Macao.

En *Roumanie,* le Jury a distingué la fabrique de ciment Portland de M. Jean Cantacuzène, à Braila, et lui a décerné une médaille d'argent.

Dans la *République de Saint-Marin,* une mention honorable a été attribuée à MM. Francini frères et fils, de Serravalle, pour des ciments lent et rapide.

A *Cuba,* la fabrique de ciment Almendare s'est trouvée hors concours.

Au *Japon,* deux médailles d'argent ont été attribuées à la Société de ciment d'Asano à Tokio, à la Société de fabrication de ciment d'Aiti, à Atsata, deux médailles de bronze à la Société centrale de fabrication de ciments d'Osaka, et à la Société de fabrication de ciments d'Osaka; enfin, une mention honorable à la Société de fabrication de ciment de Hiûshiû, à Fukuoka-Ken.

Le pays qui, après la France, avait de beaucoup l'exposition la plus considérable et la plus intéressante comme ciment, était la *Russie.* M. le général Schouliatschenko, vice-président du Jury, a bien voulu nous laisser, sur le développement de l'industrie des ciments hydrauliques en Russie, des notes fort intéressantes, que nous reproduisons ci-après presque *in extenso.*

C'est en 1849 que fut fondée la première usine de ciment, à Saint-Pétersbourg, par M. Rosché, professeur à l'académie du génie militaire.

Le *ciment Rosché,* appartenant à l'espèce dite ciment romain, provenait de la cuisson d'une pierre calcaire argileuse, qui se trouve sur les bords de la Torna et du Wolchow, d'une composition très inégale et de qualité inférieure. Malgré une vente assez considérable, l'usine de ciment Rosché ne trouva pas d'imitateurs.

Plus tard, en 1859, dans les provinces polonaises de Russie, près de la ville de Bendine, dans le village de Grodzietz, appartenant à M. Zechanowsky, fut fondée la première usine de ciment Portland.

Le *ciment Portland Zechanowsky* se fabriquait avec des matériaux de la localité : *a,* pierre calcaire, et *b,* argile d'ardoise, par la méthode de double cuisson. Le ciment Zechanowsky était de bonne qualité et trouvait bientôt une application considérable. Le

ciment Rosché et le ciment Zechanowsky furent longtemps les seuls ciments fabriqués en Russie.

En cas de nécessité, on faisait venir des ciments de l'étranger, principalement de l'Angleterre.

Cette situation dura jusqu'en 1870, époque à laquelle fut fondée, près de la ville de Riga, une nouvelle usine de ciment Portland.

Le *ciment de Riga* se fabriquait par la méthode de la voie humide, avec de l'argile locale et de la craie importée d'Angleterre comme lest sur les bateaux destinés à prendre du blé en Russie. Le ciment Portland de Riga s'est distingué par ses excellentes qualités et, grâce à l'intervention du Gouvernement, fut employé dans les constructions de chemins de fer, en Russie.

En raison du prix de revient fort élevé de la craie (5 copecks le poud [16 kilogrammes]), on chercha le moyen de trouver dans le pays les matériaux nécessaires pour la fabrication du ciment Portland sur place.

Les efforts furent couronnés de succès : M. Lieven ayant trouvé, à Port-Kunda, une pierre calcaire poreuse, composée de carbonate de chaux presque pur, suffisamment molle pour se délayer dans l'eau, proposa au propriétaire du terrain, le baron Girard, de construire une usine de ciment Portland. Ainsi fut fondée, en 1873, en Russie, la troisième usine de ciment Portland.

Les usines de Riga et de Port-Kunda préparent le ciment Portland à la manière anglaise, c'est-à-dire en délayant l'argile locale et la craie d'Angleterre, ou la pierre calcaire de Port-Kunda, dans l'eau, en proportion de 25 p. 100 d'argile et 75 p. 100 de la pierre calcaire; en faisant précipiter le mélange liquide dans les vastes bassins, on obtient une pâte qui est transformée ensuite en briques. Les briques séchées sont cuites dans les fours à coke à une température très élevée (1,700 degrés).

Après la cuisson, le ciment réduit en poudre est mis en barils de 180 kilogrammes bruts, ou en sacs de 80 kilogrammes.

Les ciments Porland de Riga et de Port-Kunda sont d'excellente qualité et ont trouvé un débit considérable dans toute la Russie; au commencement, la production annuelle ne dépassait pas 80 à 100 barils; en 1899 les deux usines produisaient déjà près de 500,000 barils.

En 1876, fut fondée à Podolsk, près de Moscou, une nouvelle usine de ciment Portland, qui d'abord eut peu de succès en raison des défauts de la méthode de fabrication particulière primitivement employée. Les circonstances changèrent dès qu'on eut recours à la méthode par voie sèche pour la confection de briques cuites dans les fours circulaires de Hoffmann et dans les fours système Dietzch. Cuit à très haute température et réduit en poudre, le ciment est mis en sacs ou en barils de 180 kilogrammes bruts. La production annuelle s'élève aujourd'hui jusqu'à 280,000 barils.

Bientôt après, en 1881, fut fondée encore une usine de ciment Portland également aux environ de Moscou, à Kolomna, par M. E. Liphardt, sur les indications du docteur Michaelis.

En 1883, à Novorrossysk, sur les côtes de la mer Noire, on fonde une usine de ciment Portland naturel. Les matériaux employés sont les marnes, dont la composition correspond si bien au mélange d'argile et de chaux carbonique indispensable à la préparation de Portland ciment, que de ces matériaux, après la cuisson convenable, on obtient un excellent Portland ciment naturel qui ne cède en rien comme qualité au véritable Portland ciment artificiel. L'emploi de ce ciment se développa rapidement, et comme les bords caucasiers de la mer Noire offrent une quantité intarissable de cette pierre, d'autres usines furent fondées non loin de là, fabriquant le ciment Portland ou d'après le système adopté de Novorrossysk (Portland ciment naturel), ou d'après le système *par voie sèche,* en mélangeant les différents bancs des marnes calcaires de la composition variable (Portland ciment artificiel); à leur catégorie appartient l'usine de la Compagnie franco-russe, près de Gelendjik, à 25 lieues de Novorrossysk.

L'usine de Gelendjik produit annuellement 200 à 300,000 barils de Portland ciment d'une très bonne qualité.

Sur les côtes ouest de la mer Noire, aux environs de Novorrossysk et plus loin, jusqu'au Sotchy, s'étendent des couches de marne calcaire ressemblant par leur compositoin à la pierre calcaire de Novorrossysk, très bonne pour fabriquer le Portland ciment naturel (Novorrossysk) ou Portland ciment artificiel (usine de Gelendjik). L'étendue de ces couches est si énorme (vers 200 kilomètres), qu'elles seraient suffisantes à elles seules pour approvisionner de très beau Portland ciment l'Europe entière pendant des siècles.

Enfin, en 1887, fut fondée par MM. le professeur Schouliatschenko et l'ingénieur Schewtroff une usine de Portland ciment à Saint-Pétershourg, *Gloukoosersky Portland ciment,* préparé d'argile indigène et de pierre calcaire tirés des environs du village de Tchoudowa, situé sur la ligne du chemin de fer Nicolas; la production annuelle s'est élevée progressivement de 50,000 barils jusqu'à 300,000 barils. L'usine appartient à la Compagnie Gloukoosersky Portland ciment, qui, il y a environ trois ans, construisit une succursale sur les bords du Volga, à Volsk, et dont la production annuelle atteint également le chiffre de 300,000 barils.

En 1888, fut fondée dans les provinces polonaises de l'empire de Russie, dans le gouvernement de Pietrokowo, près de la station Lasy, la seconde usine de Portland ciment Virosco. On prépare le ciment, dans cette usine, en mélangeant les matériaux, l'argile et la pierre calcaire, par la voie sèche. Le Portland ciment Virosco a trouvé une application considérable, et la production annuelle de ce ciment atteint aujourd'hui 350,000 barils.

En 1893, fut fondée, près de la ville de Linhline, l'usine de Portland ciment artificiel *Firley,* avec une production annuelle de 100,000 barils. On prépare le ciment avec de la pierre calcaire et de l'argile par voie sèche.

Bientôt après, plusieurs usines de ciment Portland furent fondées dans les provinces polonaises : *Kliutche, Roudniki, Keltze* et d'autres; aujourd'hui, dans les provinces polonaises, il y a dix usines de Portland ciment artificiel. Dans presque toutes les usines,

on emploie les mêmes méthodes, ordinairement en mélangeant, par voie sèche, les pierres calcaires avec l'argile. Tous les ciments sont très bons et trouvent un débit considérable.

La production du ciment romain est peu développée en Russie. En y comprenant les usines de Moscou et de Riga qui, à elles seules donnent les deux tiers de tout le ciment romain que produit la Russie, la production annuelle ne dépasse pas 2 millions de pouds (32 millions de kilogrammes, 32,000 tonnes). La qualité des ciments romains en Russie est très variée. Les meilleurs ciments romains viennent des usines Podolsk et de Riga.

La qualité du ciment Portland des usines russes est presque partout supérieure et rivalise avec les meilleurs ciments Portland de France, d'Allemagne et d'Angleterre.

Ainsi, petit à petit, se développait la production du ciment en Russie. Tandis qu'en 1860 on ne comptait qu'une seule usine de ciment Portland fondée par M. Zechanowsky et une usine de ciment romain fondée par M. Rosché, aujourd'hui la Russie est couverte d'un réseau d'usines, dont le nombre atteint le chiffre de 34, qui produiraient environ 6 millions de barils, tandis qu'en 1897, la production ne surpassait pas le chiffre de 2,700,000 barils. En ce qui concerne la mesure de la production annuelle, la Russie occupe actuellement en Europe une des premières places.

En raison de l'importance que l'industrie du ciment présente en Russie, le Jury de la Classe 28 a décerné de hautes et nombreuses récompenses tant aux sociétés qu'aux directeurs, ingénieurs, chimistes, etc., qui y sont employés.

Deux grands prix ont été attribués :

L'un, à la Société anonyme de Moscou pour la fabrication des ciments et autres matériaux de construction, qui a obtenu, en outre, trois médailles de collaborateurs, deux en argent pour MM. Pautynski, directeur, et Schilling, chimiste principal, et une en bronze pour M. Hacken, ingénieur;

Le deuxième, à la Société des usines de ciment Grodzetz, à Varsovie.

Des médailles d'or ont été attribuées aux Sociétés des usines de ciment de Vissoho, de Firley; à la Société franco-russe de ciment de Portland de Guelendjik; MM. Skarbenski, Stanislas et Skarbenski Maryan de la première de ces sociétés, ayant obtenu des médailles d'argent de collaborateur.

Des médailles d'argent ont été attribuées à la maison Klugué ou Kloutsché (collaborateurs : Schut, médaille de bronze, et Scherdokoff, mention honorable); à la maison Kovaleff; à la Société de l'usine de ciment Portland Soyouse.

La Société de l'usine de ciment Portland Volhine a reçu une médaille de bronze, avec mention honorable de collaborateur pour M. Egge.

Enfin une mention honorable a été accordée à la Société de l'usine de ciment Portland de Rudniki.

Appareils divers pour l'industrie des chaux et ciments. — Depuis quelques années, à l'étranger plus peut-être qu'en France, l'installation des usines pour la fabri-

IMPRIMERIE NATIONALE.

cation des chaux et des ciments a été l'objet d'études très sérieuses, et les appareils à employer dans ces usines ont été perfectionnés, transformés.

Certaines maisons se sont fait une spécialité des installations d'usines de chaux, de ciment. Trois d'entre elles étaient représentées à l'Exposition : la maison Carton, de Tournai, connue spécialement en Belgique, qui a obtenu une médaille d'or et dont deux collaborateurs, MM. Carton (Léonard) et Carton (Théophile), ont obtenu des médailles d'argent; la maison Terrisse, de Genève, et la maison Schmidt, de Copenhague.

La maison Terrisse exposait principalement les plans du tunnel-séchoir Rappold, qui présente ces particularités, que des soupapes permettent de régler la chaleur et la force du courant d'air, que l'air n'est expulsé du tunnel-séchoir par les dernières soupapes et par le foyer qu'après avoir fait plusieurs révolutions par les canaux supérieurs et inférieurs, ce qui permet d'utiliser toute la chaleur. M. Terrisse exposait également un modèle réduit de séchoir rotatif, système Rappold-Steiger, composé d'un cylindre tournant sur des galets, traversé par un courant d'air qui entraîne les produits de la combustion d'un foyer placé à une extrémité. Des médailles d'argent ont été accordées à M. Terrisse et à ses collaborateurs, MM. Rappold, Steiger, Hubert.

La maison Schmidt, de Copenhague, est une de celles qui ont le plus contribué au perfectionnement de l'outillage des fabriques de ciment; elle a, notamment, vulgarisé l'emploi de broyeurs à boulets et du tube broyeur qui est employé maintenant dans un très grand nombre d'usines. Cette maison avait installé, aux Invalides, une véritable usine composée d'un concasseur, d'un moulin à boulets, d'un tube finisseur et d'un ensacheur automatique, le tout actionné par des dynamos. Deux hommes seulement étaient employés : l'un pour alimenter le concasseur, l'autre pour retirer les sacs remplis de ciment moulu, la production étant de 3 tonnes à l'heure. MM. Schmidt et Cie avaient exposé par ailleurs des modèles de fours et des plans d'usine. Une médaille d'or a été justement attribuée à cette maison de tout premier ordre.

Une médaille d'argent a été attribuée à M. Rost (Otto), de Budapest, pour un four avec conduit central dans lequel passent les gaz chauds de la combustion des fours de cuisson. Les produits à cuire introduits sur des vagonnets dans ce conduit central, en sens inverse des gaz chauds, s'y dessèchent avant d'être mis dans les fours à cuire.

La Société française de constructions mécaniques, hors concours, exposait le modèle au 1/10 d'un four rotatif pour la cuisson du ciment, construit pour MM. Candlot et Cie, le premier construit en France sur un type très répandu aux États-Unis. Ce four est constitué essentiellement par un cylindre de 18 mètres de long, 1 m. 80 de diamètre, tournant sur des galets à raison de 1 à 2 tours par minute. Les matières à cuire entrent par une extrémité, sont entraînées par le mouvement de rotation et par suite de l'inclinaison de l'axe du four sur l'horizontale (4 p. 100); elles sortent à l'état de ciment cuit. On emploie comme combustible du pétrole brut ou du charbon finement pulvérisé.

MM. Dupety et Cie, de la Ferté-sous-Jouarre, qui représentaient l'industrie de la fabrication, de la préparation des meules, ont obtenu une médaille de bronze.

De nouveaux procédés de mouture étaient exposés par diverses maisons françaises ou étrangères.

Les maisons françaises étaient au nombre de cinq, savoir :

La maison Morel (Charles), de Domène, près Grenoble, dont les appareils destinés à la mouture et au tamisage de toutes matières dures, spécialement des roches de ciment, ont été fort appréciés, a obtenu de nouveau une médaille d'argent.

La maison Négrel-Martini, de Roquevaire (Bouches-du-Rhône), exposait un broyeur Moustier présentant des dispositions absolument nouvelles et très différentes de celles que l'on rencontre dans les autres appareils de broyage. Dans ce broyeur, les matières à broyer sont projetées les unes contre les autres et se broient, par conséquent, sur elles-mêmes. Ce résultat est obtenu par l'action de trois palettes tournant en sens inverse à très grande vitesse. Le Jury de la Classe 28 a décerné des médailles d'argent à M. Négrel-Martini et à M. Moustier, et une mention honorable à M. Laugier, employé de la maison.

La Société anonyme d'exploitation des établissements Bailly, dirigée par M. Charles Masson, administrateur-directeur, exposait un broyeur Phénix constitué essentiellement par une cuve à bords concaves dans laquelle roulent des boulets de 0 m. 25 de diamètre. La matière à broyer arrive au centre; la poudre fine produite est enlevée par un courant d'air vers la bluterie placée au-dessus du broyeur. Une médaille de bronze pour la maison et une mention honorable pour un collaborateur, M. Gauthier, ont récompensé cette exposition.

Une mention honorable a été décernée à la maison Thivet-Hanctin, de Saint-Denis.

Une médaille d'or, accompagnée d'une médaille d'argent pour un collaborateur, M. Gourp, ingénieur chargé des études, a été attribuée à M. Davidsen, de Paris, qui exposait divers appareils de broyage et notamment un tube-broyeur qu'il a été le premier à construire dans la forme où il est actuellement, imitée depuis par plusieurs autres constructeurs. Ce tube-broyeur est un broyeur Alsing à marche continue; les matières à broyer pénètrent à l'une des extrémités par l'axe du cylindre et sortent à l'autre extrémité par la circonférence; en cheminant, elles sont broyées par l'action d'un grand nombre de boulets en silex. Cet appareil donne d'excellents résultats.

Des médailles de bronze ont été décernées à deux maisons suisses : M. Ad. Buhler, d'Uzwill, qui exposait un broyeur à trois meules verticales superposées destinées à malaxer l'argile pour la fabrication des briques, tuiles ou des matières premières pour la fabrication du ciment, et à MM. Piccard, Pictet et Cie, de Genève, qui exposaient un pulvérisateur à insufflation pour la fabrication du ciment.

Laboratoires d'essai. — La nécessité de déterminer d'une façon aussi précise que possible les qualités, les défauts des matériaux de construction, a fait naître et progresser un grand nombre de laboratoires spéciaux.

Au premier rang de ces établissements, le Jury de la Classe 28 a placé les Laboratoires de l'École nationale des ponts et chaussées auxquels il a décerné un grand prix. La description de ces laboratoires, des appareils dont ils disposent, a été donnée d'une part, sommairement, dans le volume consacré par le Ministère des travaux publics à la description de son exposition, et d'autre part, avec grands détails, dans une brochure présentée au Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction qui s'est tenu en juillet 1900, à l'occasion de l'Exposition, par le rapporteur et par M. Mesnager, ingénieur des ponts et chaussées, aujourd'hui chef du service des laboratoires, auteur de méthodes nouvelles pour lesquelles il a créé des appareils nouveaux, en vue de déterminer le travail des pièces et assemblages métalliques.

Une médaille d'or a été attribuée à M. Klein pour sa collaboration extrêmement distinguée depuis longues années aux travaux des directeurs des laboratoires, MM. Hervé-Mangon, L. Durand-Claye, Debray, Mesnager, pour ses travaux personnels, pour les appareils qu'il a imaginés, appliqués; des médailles d'argent ont récompensé le zèle et le dévouement de MM. Mercier, conducteur des ponts et chaussées, et Derome, chimiste principal; MM. Malette, Klemang, Launay et Caillebotte ont reçu des médailles de bronze.

Nous rattacherons à l'exposition des laboratoires de l'École des ponts et chaussées une autre exposition du Ministère des travaux publics, celle des œuvres de la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, instituée près de ce ministère sous la présidence de M. Alfred Picard.

Les travaux considérables de cette commission font autorité non seulement en France, mais encore à l'étranger. Un grand prix a été attribué à cette commission.

M. le général Gras, qui a présidé avec une compétence toute spéciale toutes les séances de la 1re section de la Commission et, en dernier lieu, les séances des deux sections réunies, a, en témoignage de la haute estime du Jury, reçu une médaille d'or de collaborateur. Pareille récompense a été décernée à M. Alexandre, inspecteur général des ponts et chaussées, rapporteur général de la 2e section de la Commission (1re session), et à M. Baclé, corapporteur général avec M. Debray de la 1re section (1re session) et des 1re et 2e sections (2e session).

Des médailles d'argent ont été décernées à MM. Mercier, conducteur des ponts et chaussées, et Bienner, rédacteur au Ministère des travaux publics, attachés au secrétariat de la Commission.

Nous ne quitterons pas la France sans noter les médailles d'or attribuées par le Jury à M. Dorry, conducteur principal des ponts et chaussées en retraite, et à MM. Digeon, constructeurs, pour l'useuse Dorry, destinée à déterminer l'usure au frottement des divers matériaux de pavage, dallage, etc.; cette machine figure dans la plupart des laboratoires d'essais, français et étrangers. Une médaille d'or a été attribuée également à MM. Ponthus et Thérrode, successeurs de Barthélemy, constructeurs soigneux des appareils d'essai pour les chaux et ciments, très appréciés en France et à l'étranger.

Nous noterons également la médaille d'argent accordée à M. Nivet, fabricant de

chaux à Marans et à la Grave, pour un appareil destiné primitivement à l'essai des chaux et ciments et qui peut être appliqué à d'autres matériaux, en suite de perfectionnements apportés récemment par l'inventeur; la mesure des efforts est donnée par un dynamomètre remplaçant les plateaux chargés de poids ou les leviers généralement employés.

Depuis plusieurs années déjà, le Gouvernement portugais a ordonné des études et recherches sur les matériaux de construction, aujourd'hui confiées à un service spécial : Direction des études et essais de matériaux de constuction, dirigé par un ingénieur des plus distingués, M. Castanheira das Neves, qui avait organisé une exposition très intéressante sur l'activité et les résultats de son service. Des médailles d'or ont été justement décernées au service et à son directeur.

Ce ne sont pas seulement dans des institutions d'État qu'on procède à des essais des matériaux de construction; ces essais ayant une utilité incontestable sont pratiqués également dans les usines de production, de mise en œuvre des matériaux, par les sociétés de consommation.

C'est ainsi que la Société des chemins de fer de Moscou-Vinclava-Rysbinsk a chargé un ingénieur des voies de communication de la Russie, des plus distingués, M. Herzenstein, de lui établir et de diriger un laboratoire qui a déjà produit des travaux remarquables et auquel le Jury de la Classe 21 a décerné une médaille d'or. Nous signalerons que M. Herzenstein a fait, au sujet de ce laboratoire, au Congrès des méthodes d'essais des matériaux de construction, une communication qui a valu à son auteur un grand succès personnel.

PLÂTRES.

Le plâtre étant un produit relativement commun, qui se trouve dans beaucoup de pays et est fort employé dans les constructions, on devait penser que l'industrie des plâtres serait largement représentée à l'Exposition de 1900; il en a été ainsi, en effet, au moins pour la France, pour le bassin parisien, qui tiennent, du reste, la tête pour cette industrie.

Le bassin parisien était représenté par 18 exposants, dont la chambre syndicale des fabricants de plâtre qui compte 80 adhérents; la région de Cognac était représentée par son principal exposant; un exposant rappelait l'existence du plâtre dans les Pyrénées.

La Tunisie avait deux exposants; il en était de même de la République de l'Équateur et de la Roumanie.

La Bulgarie, l'Italie, le Mexique, le Pérou, la Russie, exposaient également des plâtres.

Les récompenses décernées ont été les suivantes :

Hors concours : 5 exposants, dont 4 pour la France et 1 pour la Tunisie.

Grand prix : 1 exposant appartenant au bassin parisien.

Médaille d'or : 1 exposant du bassin parisien.

Médailles d'argent : 8 exposants, dont 7 du bassin parisien, le huitième de Tunisie.

Médailles de bronze : 7 exposants, dont 4 du bassin parisien, 1 du bassin de Cognac, 1 de l'Équateur et 1 du Pérou.

Mentions honorables : 4 exposants de la région des Pyrénées, de la Bulgarie, de la Roumanie et de la Russie.

La Chambre syndicale des fabricants de plâtres, hors concours, comprend presque tous les fabricants de plâtres exploitant le gisement dont on tire le plâtre si renommé, dit plâtre de Paris, gisement qui, s'étendant sur les bords de la Seine, de Meulan à Paris, remonte les rives de la Marne jusque vers Château-Thierry et s'étend dans le Nord-Est jusqu'à Fère-en-Tardenois. Les adhérents, au nombre de 80, représentent une production d'environ 1,500,000 mètres cubes. D'accord avec dix fabricants, faisant une exposition particulière, elle avait établi un petit pavillon assez élégant, orné de staff.

La Compagnie générale des matériaux de construction (Union des entrepreneurs) se trouvait hors concours par suite de la part que le Président du Jury de la Classe 28 prend à ses opérations assez multiples, car elle produit non seulement des plâtres, mais encore de la chaux et des briques; elle était déjà hors concours à l'Exposition de 1889.

M. Morel, secrétaire du Jury de la Classe 28, a mis hors concours son exploitation de Montreuil-sous-Bois, près Paris, qui avait obtenu une médaille d'argent en 1878 et une médaille d'or en 1889; un de ses collaborateurs, M. Tipener, a obtenu une médaille de bronze.

La Société des plâtrières réunies du bassin de Paris qui exploite actuellement huit carrières à plâtre à Noisy-le-Sec (Seine), Montigny, Argenteuil, Livry et Vaujours (Seine-et-Oise), Villeparisis (Seine-et-Marne), et dont la production atteint 250,000 tonnes, dont 10,000 tonnes pour l'exportation, ayant été représentée dans le Jury par M. Gougelet, s'est trouvée également hors concours. Accessoirement, cette société fabrique des chaux hydrauliques, du ciment dit de Vassy.

Le dernier exposant hors concours, M. Crété, exploite à Créteville, près Tunis, une petite usine à plâtre destinée principalement à satisfaire aux besoins de sa propriété, mais qui commence déjà à envoyer ses produits sur le marché de Tunis.

La maison Veuve Lagoguée et fils, qui a obtenu un grand prix, fondée en 1820, s'était, jusqu'à ces dernières années, spécialisée dans la fabrication des plâtres à mouler, pour laquelle elle s'est acquis une réputation universelle, grâce aux soins apportés à cette fabrication qui exige des matières premières bien triées, une cuisson suivie attentivement; depuis quelque temps elle fabrique des plâtres courants.

La maison Audebert, de Montmagny (Seine-et-Oise), fabrique depuis longtemps toutes les qualités de plâtres, depuis les plâtres à mouler jusqu'aux plâtres pour l'agriculture, en passant par les plâtres pour la construction; sa production s'élève à 30,000 tonnes environ, qui se répandent assez loin du lieu de production, grâce à la bonne réputation dont jouit cette maison. Le Jury lui a accordé une médaille d'or.

Des médailles d'argent ont été accordées à 7 fabricants de plâtre de la région de Paris, savoir :

M. Henry Crépin, de Mériel (Oise), qui a obtenu en outre une médaille de collaborateur pour ses fils et collaborateurs, MM. Crépin (Eugène) et Crépin (Gaston);

MM. Le Paire frères, de Lagny;

MM. Paupy frères, de Paris, pour lesquels on doit faire une mention spéciale, en signalant leur fabrication de carreaux de plâtre de Paris, dont l'emploi est si avantageux en de nombreuses circonstances;

Société des Établissements Jacques Leclaire, fabriquant aussi des carreaux de plâtre;

Société des plâtrières de la Garenne, qui a obtenu deux récompenses de collaborateur, une médaille de bronze pour M. Finel, directeur de l'usine, et une mention honorable pour M. Guichard, maître-carrier;

M. Taté, qui exploite le seul gisement d'albâtre gypseux reconnu jusqu'à ce jour aux environs de Paris, et fabrique du plâtre aluné; M. Taté exposait ses divers produits cuits et employés, imitation de pierre, stuc, marbre, etc.;

M. Vesseron, de Meaux.

La huitième médaille d'argent a été décernée à la Société française des plâtrières de Tunis (MM. Charet Cie), fondée, il y a quelques années, pour exploiter un gisement de plâtre situé le long de la Medjerda, à 40 kilomètres environ de Tunis, à proximité de la ligne de Bône-Guelma. L'usine, actionnée par la vapeur, cuisant son plâtre dans des fours continus, constitue un perfectionnement très intéressant à la fabrication du plâtre en Tunisie, où plus qu'en France, tout naturellement, on était resté attaché aux procédés primitifs. Le Jury de la Classe 28 a pensé qu'il y avait lieu d'accorder immédiatement une récompense élevée à la Société des plâtrières de Tunis, et a décerné en outre une médaille de bronze à M. Émile Char, directeur-fondateur de la Société, et une mention honorable à M. Ambrozane, gérant.

Des médailles de bronze ont récompensé les expositions françaises des maisons Christiaens et Cie, Vve Dorliat et Manuel, Henri Lancereaux, Poliet-Périn et Chausson, appartenant toutes quatre au bassin parisien, de M. Daunizeau (Pierre), de Champ-Blanc, près Cognac, et les expositions étrangères de MM. Veinstemilla, de Cuenca (République de l'Équateur), et Ézéquiel, du Pérou.

Enfin des mentions honorables ont été accordées à Mme Vve Bougnol-Berger, dont l'exploitation à Saint-Paul-de-Fenouillet va probablement se développer par l'ouverture de l'exploitation de la ligne de Quillan à Rivesaltes, à MM. Monnevitch et Borikoff, de Sofia (Bulgarie), à M. le prince Stirbey, de Campina (Roumanie), à M. Frantsousoff, de Bakhmouth (Russie), qui exposait un échantillon d'albâtre gypseux, à MM. Quevedo, de Latacunza (Équateur).

Nous noterons enfin pour mémoire les expositions de MM. Buffi, de Florence (Italie), Munozcano, du Mexique, Ferrari, de Campina (Roumanie).

ASPHALTES ET BITUMES.

Les asphaltes et bitumes jouent depuis longtemps un très grand rôle dans les constructions.

Cependant le Jury de la Classe 28 n'a eu à examiner qu'un très petit nombre d'exposants.

La Société de pavage et des asphaltes de Paris, qui exploite les mines d'asphalte du Val-de-Travers, en Suisse, et qui exécute des travaux assez importants, notamment à Paris, s'est trouvée hors concours; une médaille d'argent et deux médailles de bronze ont été décernées à MM. Letouzé, Loire et Loyaux, dont la collaboration a élevé cette Société à un rang fort honorable.

N'ayant à apprécier qu'une partie de l'exposition de la Compagnie générale des asphaltes de France, le Jury de la classe 28 a décerné à cette Compagnie bien connue une médaille d'or, accompagnée de deux récompenses de collaborateurs, une médaille d'argent à M. Miard, ingénieur du service technique, à Paris, une médaille de bronze à M. Le Naour, chef du service des travaux. Il convient de rappeler le nom de M. Malo, ingénieur-conseil de la Compagnie depuis de longues années, dont les ouvrages font autorité en la matière.

Une médaille d'or a été attribuée à la société «The Barber Asphalt Paving C°», de New-York, signalée par nos collègues américains comme exécutant beaucoup de travaux de pavage en asphalte aux États-Unis, au moyen d'appareils perfectionnés.

C'est moins de pavage que de confection de feutres bitumineux ou asphalteux pour toiture, pour revêtements hydrofuges, que s'occupe la maison Mac Neill et C°, de Londres, à laquelle le Jury de la Classe 28 a décerné une médaille d'argent, accompagnée d'une médaille de bronze pour son directeur, M. Nelson.

La belle apparence des asphaltes en roche exposés par la Compagnie d'asphalte de Syzrane, à Batraki (Russie), a valu à cette Compagnie une médaille d'argent.

Une médaille de bronze a récompensé les efforts de M. Gutig, industriel, à Paris, qui fabrique, par mélange de brai de gaz, d'argile et de carbonate de chaux, de l'asphalte artificiel susceptible d'être employé économiquement pour certains usages.

PIERRES ARTIFICIELLES.

La fabrication, soit sur place même, soit dans des chantiers spéciaux, de pierres artificielles est d'origine fort ancienne, mais elle n'a pris tout son développement et n'est devenue tout à la fois scientifique et pratique que sous l'impulsion de M. François Coignet, qui a fait école.

C'est François Coignet qui indiqua les procédés permettant d'obtenir des pierres factices de toutes formes à l'aide de mélanges de chaux, ciment et sable, traités d'une manière spéciale. Après quelque temps de durcissement, ces agglomérés offrent une

résistance comparable à celle des bonnes pierres naturelles et résistent parfaitement aux influences atmosphériques; leur teinte et leur grain même offrent une telle ressemblance avec la teinte et le grain des pierres naturelles, qu'il faut un œil exercé pour distinguer les pierres artificielles des pierres naturelles.

Bien que la France soit extrêmement riche en carrières de pierres naturelles, l'industrie des pierres artificielles y a progressé plus que dans tout autre pays.

Les maisons Coignet et Cie, Dubos, qui exposaient l'une et l'autre des bétons agglomérés, pierres moulées, balustrades, perrons, pilastres, statues, vases remarquables, ont obtenu des médailles d'or. Deux des collaborateurs de la maison Dubos, M. Carillon, chef dessinateur, et M. Léonor, chef de fabrication, ont obtenu, le premier une médaille d'argent, le deuxième une médaille de bronze.

Une médaille d'or a été également décernée à la maison Dumesnil, avec médaille d'argent pour M. Martinez, ingénieur de la maison, tant pour son exposition de pierres artificielles moulées, de marbres factices, que pour son application des procédés Hennebique de ciment armé, comme nous le verrons ultérieurement.

Des médailles d'argent ont été attribuées à MM. Cuel, de Billancourt, Mabille, de Limoges, Mayet, d'Asnières.

M. Cuel exposait des cheminées, balustrades, vases et statues de fabrication très soignée.

M. Mabille a imaginé de placer dans les angles des pierres artificielles qui doivent subir des efforts assez grands, comme les marches d'escalier, des pièces de toile métallique qui les renforcent; il obtient aussi des pierres imitant le granite par l'emploi, en guise de sable, de débris de cazettes broyés.

Les carreaux de ciment, exposés par la maison Mayet, se distinguaient par une richesse de tons toute particulière et par une grand variété de dessins; la maison Mayet a d'ailleurs une notoriété très grande pour cette fabrication spéciale.

Nous avons encore à signaler dans cette catégorie, comme ayant fait des expositions intéressantes, récompensées par des médailles de bronze, deux exposants étrangers: MM. Hareng, de Belgique, et Schwanenberg, de Hanovre, et deux exposants français, M. Gabert, d'Asnières, et MM. Périn frères, de Charleville. La maison Périn, qui exploite des carrières importantes et produit en même temps une certaine quantité de chaux hydraulique lourde et de ciment, a trouvé avantageux d'employer elle-même une partie de ses chaux et ciments avec ses déchets de carrières mélangés de mâchefer, pour produire des agglomérés; des mentions honorables ont été accordées à deux collaborateurs de la maison, MM. Lambatte et Gielmann.

Enfin une mention honorable a été décernée à M. Stocker, fabricant de « métalline », qui exposait quelques socles et une cheminée enduits de cette matière.

La plus haute récompense pour l'étranger a été accordée à la maison Fiévé, de Gand, qui est une des plus importantes pour la fabrication des carreaux en ciment, produisant par an plus de 120,000 mètres carrés; des médailles de bronze ont été décernées à deux collaborateurs de la maison, MM. Amerlinck et Clauss.

COMITÉ FRANÇAIS DES EXPOSITIONS À L'ÉTRANGER
N°
BIBLIOTHÈQUE

Les maisons Walla, de Budapest, Ferrari frères, de Monaco, et Roemeter, de Jassi, ont obtenu des médailles de bronze; les carreaux mosaïques de la maison Valla étaient d'un très bel effet.

Des mentions honorables ont signalé les efforts des maisons Bedros-Gurmuchian, de Plordir (Bulgarie), Wunch, de Budapest, et Gabellini, de Rome.

Lièges agglomérés. — La fabrication des agglomérés de liège pour constructions a pris, en ces dernières années, un grand développement en France, et le Jury a décerné une médaille d'or, une médaille d'argent et deux médailles de bronze à la Société des lièges agglomérés (Denniel et Cie), à M. Bourry (C.-E.), de Paris, à M. Brousse (Eugène), de Lyon, et à M. Demuth, qui présentaient les uns et les autres des produits intéressants pour certains emplois, notamment pour l'isolement de chambres froides.

Céramiques. — Une exposition de produits céramiques de la Société de basalte et de céramique de Cotrogeni (Roumanie) a été récompensée par le Jury d'une médaille d'argent pour la Société et de deux médailles de bronze de collaborateurs pour MM. Zanné, directeur, et Hansik, ingénieur.

LE CIMENT ARMÉ.

Ainsi que le déclarait avec une autorité toute particulière M. l'Inspecteur général des ponts et chaussées Lorieux, à la première séance de la Commission du ciment armé, instituée sous sa présidence au Ministère des travaux publics, par arrêté du 19 décembre 1900, «l'emploi du ciment armé s'est généralisé depuis dix ou douze ans d'une manière tout à fait extraordinaire.

«D'abord employé dans les constructions civiles et surtout à l'intérieur des maisons pour des voûtes de caves et des planchers, on l'a vu successivement servir à l'établissement de citernes, de réservoirs, de tuyaux de conduite d'eau, d'égouts, de blindage pour les travaux militaires, puis de murs de soubassements, de murs en élévation, d'estacades, de consoles et enfin de ponts.

«Aujourd'hui, on peut dire qu'il a conquis droit de cité dans tous les genres de travaux et spécialement dans les travaux publics.»

Nous ne nous hasarderons pas à entreprendre à nous seul une étude générale sur le ciment armé, qui sera beaucoup mieux faite par la Commission du ciment armé; nous laisserons à cette commission le soin de déterminer les règles susceptibles d'être admises pour l'emploi, dans les travaux publics, de ce mode de construction. Nous profiterons même de ce que quelques-uns des ingénieurs qui ont des premiers préconisé le ciment armé ne figuraient pas à l'Exposition de 1900, ou du moins n'ont pas concouru devant le Jury de la Classe 28, pour échapper à la tentation de faire l'historique de ce mode de construction, d'établir des priorités, des antério-

rités; nous nous bornerons à rendre compte des expositions qui nous ont été soumises.

Deux grands prix ont été décernés, l'un à M. Hennebique, l'autre à M. Edmond Coignet.

L'idée mère du système Hennebique est d'utiliser la résistance propre du béton, du ciment à la compression, en ne demandant au fer que de résister à la traction, et par conséquent de procéder par poutres.

La poutre à double T se liant mal avec le ciment et constituant une dépense inutile, M. Hennebique l'a remplacée par un simple tirant rond disposé à la partie inférieure, représentant la corde des tensions et où le métal développe sa qualité maîtresse, la résistance à la traction.

La partie supérieure de la poutre est formée de béton de ciment de Portland, constituant une sorte d'étrésillon s'opposant au rapprochement des extrémités. Le béton y développe sa qualité caractéristique, la résistance à la compression.

Ces deux parties de la poutre doivent être indissolublement unies par une âme transmettant l'effort de compression à la corde inférieure des tractions et s'opposant au glissement longitudinal. C'est encore le béton qui compose cette âme; mais M. Hennebique eut l'idée de répartir le long de la poutre, pour résister aux efforts en question, une série d'étriers reliant la barre métallique de traction avec la partie supérieure du béton. Ces étriers ou entretoises, ordinairement en fer plat, mais qui peuvent être de toute autre forme, complètent la poutre et en forment la troisième partie constitutive; ils transmettent à la partie supérieure du béton les efforts qu'ils reçoivent comme effort de traction et qui se répartissent ensuite comme travail de compression dans la masse du béton. C'est là le point le plus intéressant du procédé Hennebique.

La première application du procédé Hennebique fut faite en 1892 à des planchers en béton de ciment armé.

En 1894, on applique les mêmes procédés à la construction de charpentes pour la Raffinerie Parisienne et à la reconstruction des platelages des quatre ponts de l'Ile, à Genève.

Dès cette époque, le béton de ciment armé prit un développement considérable, grâce à la concession de licences à des entrepreneurs locaux dans tout l'ensemble de la France et même à l'étranger, M. Hennebique ne conservant que les études techniques. Au fur et à mesure que les applications se développèrent, de nouvelles études se poursuivaient, et M. Hennebique prit une série de nouveaux brevets, dont voici la nomenclature :

En 1896 : brevet d'invention des pieux palplanches en Belgique; première application à des murs de quai à Southampton et à Plymouth ;

En 1897 : 1° brevet des planchers creux avec poutres noyées entre plafond et hourdis dallage; 2° brevet de la poutre continue sur plusieurs appuis;

En 1899 : 1° brevets de traverses pour chemins de fer; 2° brevets de joints et

tuyaux pour canalisations de toute sorte; 3° brevets pour murs de quais de déchargements démontables et transportables par tronçons de 3 mètres.

Les procédés Hennebique avaient nécessairement leur place marquée dans les travaux de l'Exposition; aussi en a-t-il été fait de nombreuses et intéressantes applications, dont les principales étaient :

1° Les planchers des Grand et Petit Palais des beaux-arts, première application de planchers voûtains à grande portée;

2° Le pont en prolongement du pont d'Iéna, dont les culées sont en béton armé, ainsi que les murs de soutènement de la terrasse du quai de Billy, murs qui n'ont que 0 m. 08 d'épaisseur de béton, sur 6 m. 50 de hauteur, au moyen d'un système de semelles métalliques mettant en jeu le poids des terres pour résister à la poussée sur le rideau antérieur en béton (première application);

3° Le Palais du Costume, dont l'ossature (piliers et planchers) était tout entière en béton armé, toute cette ossature reposant sur semelle en béton armé, répartissant la charge sur le sol de remblai;

4° L'Aquarium;

5° La couverture du chemin de fer des Moulineaux pour le Palais des Armées de terre et de mer.

On construit actuellement, à Châtellerault, un pont formé par trois voûtes en arc, en béton de ciment armé, l'une de 50 mètres d'ouverture et de 4 m. 80 de flèche, les deux autres ayant 40 mètres d'ouverture et 4 mètres de flèche. Sur ces voûtes repose, par l'intermédiaire de piliers verticaux espacés de deux en deux mètres, le tablier également en béton de ciment armé. Les piles et culées sont aussi en béton armé. Les trottoirs sont en porte à faux de 1 m. 05. M. Hennebique a consenti à faire les épreuves du pont pour une surcharge supérieure à celle qui est fixée par les règlements ministeriels.

Ainsi que nous l'avons déjà noté, une médaille d'or a été décernée à l'un des concessionnaires des brevets Hennebique à Paris, M. Dumesnil, fabricant de pierres artificielles. M. Dumesnil a notamment exécuté dans le Grand Palais des beaux-arts de nombreux travaux en béton de ciment armé, et il vient de construire, pour les archives de la Cour des comptes, un bâtiment en béton armé de 12 étages de 2 m. 50 de hauteur.

Une médaille d'argent a été accordée à un autre concessionnaire des brevets Hennebique à Paris, MM. Grouselle et Cie, qui ont exécuté de nombreux travaux de béton de ciment armé, au Petit Palais, à la Salle des Fêtes, construit les murs de soutènement de la terrasse du quai de Billy, première application de ce genre des procédés Hennebique.

M. Edmond Coignet ne pouvait pas ne pas prendre une grande part au développement du nouveau mode de construction de ciment armé; il s'est tout particulièrement distingué à l'Exposition par la construction du Château d'Eau. M. Edmond Coignet a, en outre, exécuté de nombreux et importants travaux de canalisation d'eau en ciment armé.

Une médaille d'or a été attribuée à M. Bordenave, inventeur d'un système de construction en ciment armé qu'il a dénommé le *sidéro-ciment* et qui se compose d'une ossature en petits aciers spéciaux noyée dans une coulée de mortier de ciment. Pour les tuyaux de conduites d'eau, application la plus importante, ainsi que pour les réservoirs, l'ossature est formée de barres profilées en T ou en I, cintrées de champ en hélice cylindrique, dont les spires sont intérieurement réunies suivant des génératrices par un nombre suffisant de barres droites de même nature et de semblable profil. La caractéristique de ce système est l'emploi de fers à profil de grand développement, de fers à T, de fers en U, de fers cornières, et plus particulièrement de fers à I, capables de résister beaucoup plus que les fers ronds ou carrés à des efforts de flexion, de compression ou d'allongement pour des sections de surfaces équivalentes. Le brevet d'invention date de septembre 1886 et, à l'Exposition de 1889, ce nouveau mode de construction, bien qu'il ne fût encore qu'à peine entré dans la pratique, obtint une médaille d'argent, la plus haute récompense accordée dans la Classe 63 pour tuyaux de canalisations.

Le sidéro-ciment a pris, depuis, un très grand développement pour les canalisations d'eau et il a maintenant la sanction d'un certain nombre d'années. Le département de la Seine, en particulier, l'a accepté pour les canalisations d'épandage de Pierrelaye, d'environ 35 kilomètres de longueur, sous une pression de 25 mètres.

C'est un procédé d'exécution très commode et très rapide, qui s'effectue sur place, supprime les joints, facilite les courbes. Grâce à la forme des aciers, l'adhérence du ciment avec le métal est complète et la résistance est très sûre. Enfin c'est un mode de construction très économique, comparé surtout à la fonte.

Le Jury a récompensé d'une médaille d'argent l'exposition extrêmement intéressante de la Compagnie française du métal déployé. L'idée de découper une tôle d'acier de composition convenable et de la déployer en mailles formant un treillis métallique rigide qu'on peut englober dans un béton de ciment pour constituer des murs, cloisons, planchers, plafonds, cette idée est très ingénieuse. Déjà le métal déployé a reçu de nombreuses applications et il est probable que son emploi se vulgarisera rapidement.

Une médaille de bronze a été décernée à la Société des travaux en ciments, qui continue, en France, l'exploitation des procédés Monnier beaucoup plus employés d'ailleurs à l'étranger que dans le pays d'invention, nouvelle justification du vieux proverbe : « Nul n'est prophète en son pays ». Une médaille de bronze de collaborateur a été décernée à un vieux collaborateur de la maison, M. Valentin Sully, pour son application ingénieuse des procédés à la décoration des parcs et jardins.

Citons ici le nom de M. Coutzarida, de Bucarest, qui exposait des tubes de béton de ciment fabriqués suivant le système Monnier.

L'objet exposé par M. P. Beau, de Périgueux, constitue une application toute spéciale du ciment armé qui aurait pu être examinée par nos collègues de la Classe du mobilier, aussi bien que par le Jury de la Classe 28 ; c'est en effet un coffre-fort

incombustible en ciment, avec ossature composée de deux treillis en acier déployé noyés dans l'épaisseur du béton et reliés aux pôles d'une pile électrique qui ferait fonctionner une sonnerie d'appel en cas d'effraction. Cette innovation est intéressante; le coffre-fort Beau étant moins coûteux que les coffres-forts en métal, incombustible et pourvu d'un signal avertisseur en cas d'effraction, le Jury lui a décerné une médaille de bronze.

Nous terminerons par l'exposition hors concours de M. Metz (Arthur), qui a imaginé un granite-asphalte, pour pavage, offrant l'avantage de n'être pas glissant et qui est plus résistant que l'asphalte comprimé. Ce système de revêtement a été adopté par les deux compagnies de chemins de fer P.-L.-M et d'Orléans pour le pavage des cours d'arrivée de leurs nouvellles gares de Paris.

LE BÂTIMENT.

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

L'industrie du bâtiment, si ancienne que son origine remonte au moins à l'apparition de l'homme sur la terre, si modifiable, si perfectible encore malgré toutes les modifications apportées dans la suite des temps, malgré tous les perfectionnements réalisés spécialement dans ces dernières années, est particulièrement complexe.

Les spécialités très nombreuses en certains pays, dans les grandes villes, sont parfois mal définies en d'autres pays, dans les villes de moindre importance, de sorte que certains cumulent ici des professions ailleurs distinctes.

Il y a tant de contacts, tant de pénétrations entre les fournisseurs et les metteurs en œuvre, que ces deux qualités se trouvent souvent réunies dans une même personne.

Dans ces conditions, il est particulièrement difficile d'exposer avec clarté, avec méthode les constatations faites par notre Jury sur les expositions que nous avons, d'un commun accord, rangées sous cette rubrique : *Le Bâtiment.* Nous devons d'ailleurs remarquer que dans cette grande Exposition internationale universelle, qui a été un triomphe pour l'industrie du bâtiment, cette industrie, surchargée de travaux, n'a pu soigner, comme cela eût été désirable, son exposition particulière qui a été quelque peu restreinte, tronquée. Il serait donc intéressant, à notre avis, de faire dans un avenir plus ou moins prochain une exposition spéciale, nationale ou internationale, du bâtiment; les bonnes volontés n'y manqueraient pas et la direction pourrait être donnée en toute compétence par les chambres syndicales de l'industrie du bâtiment de la ville de Paris et du département de la Seine.

EXPOSANTS DIVERS.

L'industrie du bâtiment a, depuis de longues années déjà (la fondation de cet organe remontant à 1864), un auxiliaire précieux dans le journal *Le Bâtiment,* actuellement dirigé par M. Stanislas Ferrand, architecte-ingénieur. Ce journal, bi-hebdomadaire, publie des articles de fond sur toutes les questions d'architecture, d'art, de travaux et d'industrie qui intéressent sa clientèle, la liste des travaux projetés, publics et privés, des travaux récemment commencés, la liste des adjudications, etc. Au service principal du journal ont été annexés des services pour les assurances incendie, vie, accidents, pour les ventes de fonds de commerce du bâtiment et des travaux publics, pour les embauchages gratuits, de contentieux, de transactions immobilières, d'ouvertures de crédit, etc. Le Jury a émis l'avis qu'il y avait lieu de décerner au journal *Le Bâtiment* une médaille d'argent.

La maison Joltrain sert l'industrie du bâtiment en particulier, celle des travaux publics en général, par les perfectionnements apportés à la reproduction rapide, par la lumière, de calques du dessin, notamment en obtenant des dessins en bleu sur fond blanc. Une médaille d'argent a été accordée à la maison Joltrain, dont le principal collaborateur, M. Aygalenq, ingénieur des arts et manufactures, a reçu, de son côté, une médaille de bronze.

FOURNISSEURS DU BÂTIMENT.

Les fournisseurs du bâtiment n'étaient représentés que par un petit nombre de maisons.

Les maisons Beaufils, Bocuze, Chomette, qui, toutes trois, sont depuis de longues années avantageusement connues dans le monde du bâtiment, présentaient des spécimens intéressants de leur fabrication toujours très soignée, qui offre un certain caractère d'élégance relative ne nuisant pas aux qualités primordiales de solidité, de robustesse. Le Jury a particulièrement remarqué : le nouveau tombereau avec frein de la maison Beaufils; les crochets de treuil de la maison Bocuze, combinés de façon à assurer davantage la sécurité des travailleurs, en empêchant les fardeaux de se décrocher pendant leur montage; le fardier multiple de la maison Chomette. Chacune de ces maisons a obtenu une médaille d'argent; des mentions honorables de collaborateurs ont en outre été accordées à deux ouvriers de la maison Bocuze, MM. Charrier et Menier.

M. Perdriel, entrepreneur de travaux publics et particuliers à Nantes, était inscrit au catalogue comme exposant une «tenaille pour manœuvrer la pierre de taille brute ou travaillée». Les membres du Jury ont favorablement apprécié cet appareil remplaçant la louve, qui a été déjà avantageusement employé pour le montage de la pierre à l'hôtel de ville de Tours et à la nouvelle gare du quai d'Orsay, à Paris; M. Perdriel a

reçu pour cet objet une médaille de bronze. Nous signalerons que M. Perdriel avait, en même temps que sa tenaille, exposé des photographies et dessins de quelques-uns des importants travaux qu'il a excutés avec succès comme entrepreneur de travaux publics et particuliers; en raison des prescriptions formelles des règlements, cette exposition n'a pu être retenue par le Jury qui a spécialement regretté de ne pouvoir appuyer les demandes de récompenses présentées par M. Perdriel en faveur de quelques-uns de ses collaborateurs, assurément fort méritants, à ses entreprises de travaux, mais qui n'avaient eu aucune part à l'invention de la tenaille, seule régulièrement exposée.

La maison Fontaine-Souverain fils, de Dijon, dont l'exposition se trouvait dans la Classe 28, ne ressortissait pas effectivement à cette Classe; un seul des objets exposés, une échelle pouvant servir d'échelle à coulisse et d'échelle double, pourrait avoir quelque utilité pour des particuliers ayant à exécuter personnellement de petits travaux, mais elle ne saurait être d'un usage pratique pour les ouvriers du bâtiment; une médaille de bronze a toutefois été accordée à cette maison.

M. Buffet exposait du petit matériel d'entrepreneur de maçonnerie, des outils spéciaux, des calibres pour maçons, tailleurs de pierre, sculpteurs, cimentiers et autres ouvriers du bâtiment; cette maison occupe une des premières places dans cette industrie. Le Jury l'a proposée pour une médaille de bronze qui lui a été justement accordée.

MM. Buselli J. et fils, exposant des dessins de diverses machines pour le travail du marbre, machines à raboter, à moulurer, à polir, à équarrir les carreaux, à creuser et à scier les marbres, ont obtenu également une médaille de bronze. On peut rattacher à cette exposition celle de M. Morisson qui, présentant à la fois outils et objets fabriqués, a obtenu une médaille d'argent.

Les deux maisons Louis (successeur de Guzzi) et Menard continuent à donner satisfaction à leurs nombreux clients, vitriers de Paris, de France et de l'étranger, en leur fournissant les outils nécessaires à l'exercice de leur profession, notamment les diamants à couper le verre à vitres et les glaces, qui sont soigneusement montés. Ces deux maisons ont reçu une médaille d'argent.

Quatre exposants français présentaient des produits ou du matériel pour les entrepreneurs de peinture.

La maison Breuzin exposait des lampes à souder et brûloirs pour peintres, qui paraissaient de fabrication très soignée. Les brûloirs pour peintres ne sont pas d'invention récente, mais les brûloirs exposés offraient un système à réglage d'intensité de la flamme qui constitue un perfectionnement réel; cette maison a obtenu une médaille d'argent.

M. Faudon exposait une peinture hydrofuge glace s'appliquant sur toutes les matières, même humides, sans *repousse,* suivant l'expression employée dans le métier; le Jury n'a pu constater les qualités réelles de ce produit peu répandu encore.

Il n'en est pas de même du « Ripolin » qui, grâce à ses qualités réelles et à une publicité bien entendue, a pris en ces dernières années un développement extraordinaire. L'usage des peintures laquées ou vernissées est fort ancien pour divers usages; son

emploi dans le bâtiment est courant en Hollande depuis plus d'un siècle, mais en France il ne remonte guère qu'à une dizaine d'années. Il avait bien été fait à maintes reprises des essais de peintures vernissées, inspirés des procédés hollandais, mais ils n'avaient pas été toujours couronnés de succès en raison des difficultés d'emploi. Grâce à sa fabrication soignée et suivie, la Société Le Ripolin a vulgarisé l'emploi de ces peintures qui rendent de grands services dans les hôpitaux, sanatoriums, laboratoires, salles de bains, water-closets, etc., car elles permettent des lavages fréquents et donnent des conditions excellentes au point de vue de l'hygiène. Le Jury de la Classe 28 a donc décerné une médaille d'or à la Société Le Ripolin.

M. Verchain-Claise, de Candry (Nord), exposait des albums d'ornements au pochoir, qui peuvent présenter quelques avantages pour les peintres de campagne, auxquels il faut des choses simples, faciles à exécuter; une mention honorable a été décernée à M. Verchain.

La maison Wells, de Londres, exposait des appareils à air comprimé pour la peinture en bâtiment. Ces appareils, composés d'un fort cylindre en tôle, sont munis de projecteurs assez semblables aux appareils bien connus appelés vaporisateurs. L'emploi de ces appareils doit procurer une économie de main-d'œuvre importante, mais il est limité nécessairement à la peinture de grandes surfaces unies, telles que carènes de navires, grands murs, et ce n'est en effet que dans ces conditions que les appareils en question sont utilisés à l'étranger. La maison Wells avait exposé également des appareils d'éclairage; l'ensemble de son exposition a été récompensé par une médaille d'argent.

ARCHITECTES ET ENTREPRENEURS GÉNÉRAUX.

M. Gosset, architecte à Reims, exposait les dessins et détails de construction du théâtre de Reims, érigé en 1873. M. Gosset montrait un nouvel aménagement de chais pour la manutention des vins de Champagne, des plans de nouveaux casiers à bouteilles avec cadres en fer recouverts en bois; ces innovations ont été fort appréciées et sont adoptées aujourd'hui dans les nouvelles constructions du pays champenois. Cette exposition ne représentait d'ailleurs qu'une très faible partie des très nombreux travaux exécutés par M. Gosset, qui a également à son actif de nombreux ouvrages d'architecture réputés. Le Jury de la Classe 28, retenant M. Gosset qui peut-être ne lui appartenait pas absolument, l'a proposé pour une médaille d'or.

La grande industrie du bâtiment était représentée par les maisons parisiennes Dior, Michau et Douane, Nanquette et Marlaud.

La maison Dior, une des plus importantes comme entreprise de maçonnerie, à Paris, exposait les dessins des principales constructions qu'elle a élevées à Paris en ces dernières années. Nous citerons notamment une vue perspective de la nouvelle gare Saint-Lazare qui donnait une idée parfaite de cet important travail, l'hôtel Terminus, la fondation Thiers, etc. On remarquait encore les plans, coupes et façades de la nouvelle gare de la compagnie des chemins de fer de l'Ouest, à l'esplanade des Invalides, avec

IMPRIMERIE NATIONALE.

indication des dispositions prises pour la réception, le transport, le montage des matériaux. La maison Dior occupe une des premières places à la tête de son industrie par l'importance de ses travaux, par le soin et la perfection avec lesquels ils sont exécutés; il lui a donc été accordé une médaille d'or.

La maison Michau et Douane, hors concours, par suite de la présence dans le Jury de la Classe du chef de la maison, exposait des albums de dessins et photographies des principaux travaux qu'elle a exécutés pour l'État, pour diverses administrations publiques non seulement à Paris et dans la banlieue immédiate, mais encore à assez grande distance de son siège social : écoles et lycées, églises, hospices, prisons. On remarquait le lycée de Vanves et surtout le lycée Lakanal, type d'application des nouveaux programmes d'hygiène, le lycée de Beauvais. A côté et bien au-dessus des anciennes prisons de la Santé, de la maison de répression de Nanterre, figuraient les nouvelles prisons de Fresne, que l'importance de leurs constructions, la disposition des divers services et l'installation des cellules et préaux mettent au premier rang des établissements similaires. Quelques dessins représentaient l'organisation de ce vaste chantier dans un pays qui ne produisait pas de matériaux et où il fallut tout amener de loin par des voies ferrées. L'approvisionnement des matériaux, leur répartition dans le chantier au pied des bâtiments, leur élévation aux divers étages des constructions ont été heureusement assurés par des moyens convenables, qui étaient plus de l'outillage de l'entrepreneur de grands travaux publics que de l'outillage de l'entrepreneur de maçonnerie, de telle sorte que ces immenses constructions ont pu être terminées en moins de deux ans. Le bâtiment des archives du nouveau palais de la Cour des Comptes, construit également par la maison Michau et Douane, se distinguait par le nombre, inusité en France, de ses étages (12) de hauteur réduite à 2 m. 50; il est construit entièrement en pierres et briques avec planchers en ciment armé, à l'épreuve de l'incendie.

Des médailles de collaborateurs ont été décernées : à MM. Bonhomme (Théophile), commis principal, une médaille d'argent, et des médailles de bronze, à M. Douane (Théophile), chef de chantier, et Peignen (Edmond), maître compagnon.

La maison Nanquette et Marlaud exposait des aquarelles et photographies du matériel et des engins employés à la construction du Grand Palais des Beaux-Arts et de la nouvelle gare d'Orléans au quai d'Orsay, œuvres remarquables qui placent cette maison parmi les toutes premières. Ces entrepreneurs se sont particulièrement signalés par des innovations dans le matériel employé, une scie diamantée pour le sciage des blocs de pierre et surtout un pont roulant électrique, des grues à balancier et à col de cygne; une médaille d'argent leur a été attribuée.

ENTREPRENEURS DE MAÇONNERIE.

La Société ouvrière des maçons de Paris, de création récente, a déjà à son actif plusieurs travaux importants, notamment des groupes scolaires, la caserne de gendarmerie de Nanterre. Elle a construit les bâtiments du Commissariat général de l'Exposition,

quai d'Orsay, les palais de l'Indo-Chine, de l'Union centrale des Arts décoratifs, et comme œuvre principale, le palais de l'Économie sociale et des Congrès. Tous ces travaux dénotent chez les ouvriers sociétaires une parfaite habileté professionnelle et font bien augurer de l'avenir de la Société, dirigée avec une grande compétence par M. L. Dufresne. Une médaille d'argent a été décernée à la Société.

La maison Fabre (Auguste) et Cie, qui a la spécialité de la construction de voûtes légères pour églises et chapelles, exposait des arcs-doubleaux, nervures et formerets en terre cuite avec remplissage en briques creuses s'exécutant sans cintrages, le tout revêtu d'enduits de simili-pierre; cette maison a exécuté les voûtes du Petit Palais des Beaux-Arts et du palais du Château-d'Eau de l'Exposition. Une médaille de bronze a récompensé les efforts faits par cette maison.

L'importante maison Ways et Cie, de Vienne (Autriche), s'est manifestée par la construction du grand escalier sur voûte en briques et ciments de la section autrichienne à l'esplanade des Invalides; cet escalier était remarquable par le peu d'épaisseur de la voûte, ce qui lui donnait beaucoup de légèreté et d'élégance. La maison Ways a remporté une médaille d'or.

MM. Ricciardi, Borelli et Mannajolo de Naples, qui ont construit notamment le grand palais de justice de Rome, exposaient un motif d'architecture fidèlement reproduit en vraie grandeur et toute une collection de dessins ou photographies montrant les diverses phases de la construction de cet important édifice; le Jury a remarqué spécialement l'ordre apporté à l'installation du chantier de taille de pierres qui était la partie la plus importante de l'entreprise, et a décerné à MM. Ricciardi, Borrelli et Mannajolo une médaille d'argent.

Une exposition collective des architectes et entrepreneurs d'une grande maison pour bureaux d'affaires, à New-York, au coin de Broadway et de Chamber-street, mérite une mention toute particulière récompensée par un grand prix.

La construction générale de cette maison moderne est connue en Amérique sous le nom de construction d'ossature d'acier avec revêtement en terre cuite.

La façade exposée à la vue est en granite, du rez-de-chaussée au troisième étage, en brique dure du troisième au quatrième, et en terre cuite jusqu'au dernier étage. La couleur générale de la terre cuite est chamois, agrémentée de panneaux de couleurs différentes.

L'ossature en acier est entièrement recouverte de blocs de terre cuite creux cimentés ensemble.

Toutes les fenêtres de devant et de derrière du bâtiment sont pourvues de volets en fer, le tout tendant à rendre le bâtiment incombustible.

Le bâtiment est entièrement chauffé au moyen du système de chauffage connu sous le nom de «rayonnement direct» et il est éclairé au gaz et à l'électricité. Pour assurer les conditions sanitaires et hygiéniques les plus exceptionnelles, on a employé les systèmes les plus récents et les plus perfectionnés de tuyauterie et de plomberie.

Quatre grands ascenseurs hydrauliques Otis donnent accès à tous les étages.

Les portes et les fenêtres sont munies de garnitures et des serrures les plus perfectionnées et du dernier modèle.

Le trottoir est granolithique, fer et verre.

Tous les efforts de l'architecte ont eu en vue l'exécution de la construction dans des conditions tout à fait exceptionnelles.

Des coupes représentaient :

1° Une coupe du plancher et voûte au troisième étage, montrant la façon d'assembler le revêtement de granite au mur et à l'ossature en acier;

2° Des coupes de planchers et voûte des quatrième, cinquième et sixième étages, montrant les méthodes de construction et la façon dont les arches en brique et le revêtement de terre cuite sont attachées à l'ossature;

3° La construction de la corniche principale en terre cuite.

La coupe d'une chambre donnait une idée partielle d'un des bureaux, de son agencement, du fini, des garnitures, aussi bien que de la construction incombustible des planchers et des murs et de la façon dont les conduites sont disposées.

Les corridors principaux, les rez-de-chaussée et les bureaux occupés par la banque sont finis en marbre importé, le reste est fini en dalles et carrelages. Le corridor du sous-sol ainsi que les planchers des lavabos et cabinets sont en carrelage dit « carrelage encaustique ».

Les voûtes et planchers, excepté dans le second sous-sol, se composent d'arches en blocs de terre cuite creux et mesurent 25 centimètres d'épaisseur; on les nivelle au moyen d'une couche de béton formé de mortier de ciment et de terre cuite concassée; des lambourdes en bois sont scellées dans ce béton et sur elles le plancher est cloué.

Un modèle métallique montrait l'ossature moderne en acier dans son complet. Les assises pour l'ossature se composent d'abord d'une couche de béton de 76 centimètres d'épaisseur et de la superficie voulue pour le mur, colonne ou pylone qui se trouvent dessus. Sur cette couche de béton vient ensuite un grillage ou semelles d'acier scellées dans du béton. Toutes les colonnes, toutes les poutres et poutrelles, en un mot toutes les pièces de fer ou d'acier sont absolument protégées par des blocs de terre cuite poreuse complètement incombustible. Les colonnes sont faites en formes d'acier, soit de fers en U et de plaques rivées ensemble, soit de fers en Z avec plaques, ou bien de poutrelles avec treillis selon les conditions.

Les poutres sont des I ou bien des poutres à âme, selon les conditions. Les poutrelles sont des fers I ou des fers U. Les coins du bâtiment sont renforcés au moyen de plaques et goussets formant des attaches diagonales.

En général, les poutrelles des planchers mesurent 25 centimètres de hauteur et sont formées en I. L'ossature entière est entourée de poutres à âme formant contreventement et fournissant en même temps un support pour la terre cuite, le tout selon les règlements du service des bâtiments et de la voirie de la ville de New-York. Toutes les poutrelles des planchers sont assemblées au moyen des rivets aux grandes poutres principales et aux colonnes. Les plaques et les semelles sont en fonte et toutes les surfaces

de contact sont parfaitement planes. Toutes les parties en fer ou acier ont été parfaitement nettoyées; toute trace de graisse, poussière ou rouille enlevée, et on leur a donné une couche d'huile de lin pure avant de les expédier; après cela, elles ont reçu deux couches de peinture métallique et, après l'érection, une dernière couche épaisse de peinture à la silice ou au graphite.

Le toit est construit de la même façon que les planchers des étages principaux; il est recouvert d'une couche destinée à empêcher toute humidité de pénétrer, ainsi que de béton recouvert de dalles vernies en terre cuite.

Les systèmes de chauffage, de plomberie, de ventilation et d'ascenseurs étaient très exactement reproduits dans le modèle.

Dans ce modèle, chaque poutrelle, chaque colonne et chaque assemblage étaient reproduits en miniature et il n'y avait pas moins de vingt-cinq mille pièces séparées. Le tout avait été fait de petites bandes de cuivre soudées ensemble pour donner l'effet de poutrelles et de colonnes, puis argenté.

La façade en terre cuite était une reproduction d'une partie des derniers étages, tels qu'ils existent dans le bâtiment même. La terre cuite est très dure, presque vitreuse et absolument non absorbante. Les joints sont soigneusement remplis et couverts pour empêcher l'introduction de l'humidité.

Un modèle en plâtre à l'échelle de 43 millimètres par mètre reproduisait exactement le bâtiment jusque dans ses plus petits détails.

Les tableaux qui se trouvaient dans l'emplacement comprenaient les élévations dessinées par l'architecte, les dessins des ingénieurs et des photographies montrant la rapidité avec laquelle ces maisons sont érigées.

La maison est chauffée en hiver par un système connu sous le nom de « rayonnement direct », capable de maintenir une température uniforme de 70 degrés Fahrenheit, soit 21 centigrades, quand la température à l'extérieur est de 0 degré Fahrenheit.

Des appareils de chauffage à rayonnement en fonte se trouvent dans tous les bureaux à l'endroit désirable, aussi près que possible des surfaces de refroidissement des murs et des fenêtres. Un modèle en vraie grandeur d'un de ces appareils faisait voir en même temps la méthode de circulation de vapeur, la façon de faire évacuer l'air, et l'aspect général dans la chambre.

L'appareil est tel qu'on peut se servir de la vapeur qui, en premier lieu, sert à fournir l'éclairage électrique, à faire fonctionner les ascenseurs et à fournir toute autre force motrice nécessaire dans le bâtiment; cette vapeur évidemment serait perdue, une fois sa force dynamique employée, si elle n'était pas employée pour le chauffage, grâce à cet appareil. Quand la température est très basse, si cette vapeur est insuffisante, on y supplée par l'admission directe de vapeur des chaudières au moyen d'un appareil spécial connu sous le nom de « régulateur pour réduire la pression » et qui permet à la vapeur de la chaudière de se combiner avec la vapeur déjà employée à une pression telle qu'elle ne diminuera pas la pression nécessaire pour l'opération mécanique du bâtiment : l'éclairage, ascenseurs, etc. Il y a dans tous les étages du bâtiment une

pression indiquée de moins d'une livre, sans autre appareil que la condensation naturelle due à la différence de température.

La prise de vapeur principale s'élève du sous-sol à un espace dégagé entre le dernier étage et le toit, et de là des embranchements partent horizontalement et ensuite descendent verticalement, fournissant la vapeur à tous les appareils à rayonnement placés dans les différentes chambres ou bureaux.

Il est nécessaire que l'air soit chassé des appareils à rayonnement; ceci se fait automatiquement au moyen d'une soupape; l'opération consiste alors à admettre la vapeur, à la condenser et à la faire revenir.

Il y a dans la maison deux chaudières qui sont en communication avec une cheminée de 78 mètres de haut, ayant un diamètre de 1 m. 07; les chaudières, qui sont pourvues de tubes à eau d'un modèle approuvé et sûr, ont chacune une capacité d'évaporation de 6,000 livres (3,000 litres) d'eau. Le modèle montrait la chaudière en miniature.

Les conditions de la chaudière sont :

Température :	200 degrés Fahrenheit;
Pression :	125 livres par pouce carré;
Séchage :	1/2 de 1 p. 100 d'humidité extrême;
Combustible :	Anthracite ne donnant pas plus de 15 p. 100 de cendre;
Valeur thermale :	Pas moins de 12,500 unités par livre.

La dépense en charbon ne dépasse pas 17 livres de combustible par pied carré de surface de grille par heure.

Toutes les parties de la chaudière exposées, telles que le corps de la chaudière, les tuyaux, la soupape, sont couvertes de plaques de magnésie mesurant 35 millimètres d'épaisseur.

La machine a une force de 100 chevaux; elle est accouplée directement avec dynamos de 650 lampes au moyen d'un tableau de distribution contrôlant toutes les lampes du bâtiment.

Le système entier de plomberie et de drainage est installé d'après les règlements du service de la voirie de New-York.

Les tuyaux d'eau chaude et d'eau froide ont subi des essais à une pression de 150 livres par pouce carré. Il y a un agencement complet de défense en cas d'incendie, relié directement à la rue, comprenant tuyaux, robinets, lances et rouleaux. Tous les éviers, les bassins et lavabos dans la salle des machines, dans la loge des gardiens, dans les cabinets, dans les salles de coiffeur, sont pourvus d'eau chaude et d'eau froide. Dans les bureaux, l'eau froide seule est amenée.

Tous les tuyaux de gouttière, de drainage et de ventilation, au-dessus du sol, à l'intérieur du bâtiment, sont en fer forgé galvanisé avec des raccords filetés. Tous les tuyaux exposés à la vue dans les lavabos et dans les cabinets sont en cuivre nickelé. Tous les tuyaux en cuivre sont sans soudure et recuits, les tuyaux en métal dur étant exclus du bâtiment.

Tous les cabinets sont du système dit «Jet syphon», couplés au système de pression directe de Kinney et parfaitement ventilés. Ceux qui se sont intéressés à la question sanitaire ont cherché autant que possible à faire arriver l'eau dans la cuvette, supprimant ainsi les tuyaux vides et améliorant par conséquent les conditions hygiéniques. Il y a un réservoir d'eau central, remplaçant ainsi les réservoirs individuels dans chaque cabine et fournissant ainsi une grande quantité d'eau dans la cuvette, en tous temps, supprimant à la fois les tuyaux vides, les réservoirs vides, les bruyantes soupapes et la possibilité des miasmes émanant des matières en décomposition dans les réservoirs d'eau. Pour remplacer les soupapes à contrepoids avec chaînes, on a adopté une soupape à gravité qui se ferme automatiquement; grâce à cette soupape, on emploie seulement la moitié de la quantité d'eau nécessaire d'après l'ancienne méthode. Les parties de ces appareils exposés faisaient voir ce qui existe réellement dans le bâtiment.

Le but de l'exposition de MM. Geo.-A. Fuller et Cie était de montrer la révolution qui s'était produite en Amérique dans la construction, dans les dernières années, en même temps que la rapidité de cette construction. Grâce à l'emploi d'ossatures en acier, il n'est pas nécessaire d'employer des maçonneries aussi massives que par le passé; les murs sont là plutôt comme protection contre les intempéries du temps et comme beauté architecturale que comme stabilité. Grâce aussi à l'emploi d'ossatures en acier, on peut commencer la maçonnerie à différents étages.

La stabilité dépend presque entièrement de l'ossature en acier. On a voulu, grâce aux modèles réduits et en vraie grandeur, montrer les systèmes de construction, de chauffage, de ventilation et de plomberie, en montrant au public les matériaux employés dans cette construction.

Nous donnons ci-après la liste des principales maisons qui ont coopéré à cette importante construction :

Lincoln Iron Works, 315, East 28 th. St., New-York City.
Peirce (John), 5 Beekman St., New-York City.
Otis Elevator C°, 71, Broadway, New-York City.
Bradley and Currier C°, 119, 121, West 23 rd. St., New-York City.
Wells and Newton C°, 231, Eldridge St., New-York City.
Pittsburgh Terra Cotta Lumber C°, 1123, Broadway, New-York City.
Byrne (Thomas-J.), 377, Fourth Ave., New-York City.
Perth Amboy Terra Cotta C°, 160, Fifth Ave., New-York City.
Clonbrock Steam Boiler C°, Lorraine and Court Sts., Brooklyn, N. Y.
Carnegie Steel Compant ltd., Pittsburg, Pa.
Fuller C° (Geo.-A.), 160, Fifth Ave., New-York City.
Purdy and Henderson, 78, Fifth Ave., New-York City.
Cass Gilbert, 111, Fifth Ave., New-York City.
Brooklyn electric equipment C°, 164, Montague St. Brooklyn, N. Y.
Taylor Lumber C° (Henry), La Fayette, Indiana.
Bullock electric C°, 220, Broadway, New-York City.
Payne engineering C°, 120, 122, Liberty St., New-York City.
Empire City Marble C°, 250, Eleventh Ave., New-York City.

Hecla Iron Works, Brooklyn, New-York.
Russel and Erwin (Mfg.) C°, 45, Chambers St., New-York City.
Kenney C°, 72, Trinity Pl., New-York City.
McCoy and son and son (J.-B.), 124, West 33 rd St., New-York City.
Krantz (Henry), 43, Boerum Pl., Brooklyn, N. Y.

Trois exposants français, qui ont recherché les moyens d'améliorer, à divers points de vue, la construction des planchers et des plafonds, ont reçu des mentions honorables.

M. Fridolin-Blivet exposait un système de parquet et lambourdes mobiles et démontables supprimant l'emploi des cales et clous, qui a paru ingénieux, pouvant rendre des services en cas de réparation de canalisation à l'intérieur des parquets; mais ce système est d'une exécution plus compliquée et probablement plus coûteuse que le système ordinaire.

M. Gineste présentait un système de doublage des plafonds par application, sous les solives, de liteaux en bois ou en fer destinés à augmenter l'épaisseur des enduits et à éviter les fissures dans les plafonds au droit des solives en fer. Ce système peut offrir quelques avantages, mais il est plus coûteux assurément que les hourdis ordinaires.

M. Parsy, ingénieur, administrateur délégué de la Société anonyme des ciments de Pernes (Pas-de-Calais), exposait un système de plancher se composant de fers à I de faibles dimensions, supportant soit des briques creuses, soit des hourdis creux en plâtre, le tout recouvert d'une couche de béton de ciment qui s'agrippe à chaque solive : c'est une sorte de béton armé. Ce système présente diverses qualités : une incombustibilité parfaite, une grande rapidité de construction, plus de légèreté que dans tout autre système de béton armé.

MENUISERIE.

L'industrie si intéressante de la menuiserie n'a été représentée que par un seul exposant français, arrivé à la dernière heure, MM. Gillet et Cie, de Montargis, qui ont présenté des pièces détachées *de fabrication mécanique,* portes, fenêtres, faisant valoir la rapidité d'exécution, l'économie de main-d'œuvre qu'ils obtenaient, et ont reçu une médaille de bronze.

PEINTURE EN BÂTIMENT.

Un seul entrepreneur représentait l'industrie du peintre en bâtiment; c'était notre excellent collègue, M. X. Houppe, mis hors concours en raison de sa situation. M. Houppe exposait d'ailleurs, non des œuvres de sa maison, mais des tableaux du matériel employé dans la profession qu'il honore, et à l'époque actuelle et aux siècles passés.

CHARPENTE.

La corporation des charpentiers est une des corporations du bâtiment à laquelle s'intéressent le plus non seulement les ingénieurs, architectes, entrepreneurs de tra-

vaux publics et privés, mais encore la masse du public qui apprécie justement la bonne tenue, l'audace poussée quelquefois jusqu'à la témérité, les talents de ces ouvriers d'élite. Les charpentiers ont eu un rôle particulièrement considérable dans les travaux de l'Exposition, pour l'établissement de ces gigantesques carcasses en bois ou en métal qui devaient être habillées ensuite par les cimentiers, les stucateurs, maquillées par les peintres décorateurs, de manière à donner à des constructions provisoires l'apparence d'édifices bâtis pour l'éternité.

Au premier rang, nous placerons la société ouvrière Les Charpentiers de Paris, si habilement dirigée par notre sympathique collègue, M. Favaron, qui lui a donné en quelques années un développement tout à fait remarquable. Cette société exposait une collection de photographies de travaux considérables, notamment les échafaudages du pont Alexandre III, la charpente du palais des Congrès et de l'Économie sociale, de divers pavillons français et étrangers, de la prison de Fresnes, etc., et donnait un tableau des salaires payés et des répartitions distribuées, démontrant la progression constante et rapide de ses opérations. Classée hors concours par suite de la présence de son directeur dans le Jury de la Classe même, la société Les Charpentiers de Paris a obtenu une médaille d'argent et deux médailles de bronze pour ses contremaîtres les plus méritants, MM. Deslous (Pierre), Quément (Louis) et Genod (Louis).

La maison Borderel, de Paris, exposait des modèles de combles en charpente, fer et bois, des dessins et photographies de nombreux et importants travaux exécutés, notamment dans les domaines de Chambly (Oise) et de Villechétive (Yonne) et à divers palais de l'Exposition à l'Esplanade des Invalides, etc.; en raison de la compétence et du soin avec lesquels les travaux exposés ont été exécutés, le Jury a décerné à la maison Borderel une médaille d'argent.

La maison Funcke et C°, de Charlottenbourg, près Berlin, représentée à Paris par MM. Roquerbe et Cie, exposait le modèle d'un échafaudage mobile en charpente, composé de pièces démontables, très employé en Allemagne et en Autriche par suite du mode de construction souvent obligatoire dans ces pays où les pierres de bonne qualité sont rares, et où beaucoup de façades sont enduites en ciment à l'état naturel ou coloré, quelquefois peint. Une mention honorable a été accordée à cette maison.

Dans le Mexique, M. Lopez Vaal exposait un système d'échafaudage léger en bois pour ravalement de façades de maisons, paraissant assez pratique bien qu'un peu étroit; il a été également l'objet d'une mention honorable.

PLOMBERIE ET COUVERTURE.

La maison Bouvier, d'Angers, donne un exemple saisissant de l'extension que peuvent prendre, en province surtout, des maisons aux débuts modestes, lorsqu'elles sont dirigées par des hommes intelligents, soucieux de bien faire, élargissant progressivement le cadre de leurs opérations. Cette maison qui, à l'origine, ne fabriquait que des lampes, exposait des photographies et modèles d'installations diverses, services d'eau, salles de

bains, séchoirs à air chaud, appareils de chauffage de cuisine, zincage et plomberie d'ornements, éclairage électrique. Elle a, notamment, créé pour les bains par aspersion des types fort appréciés. Une médaille d'argent a constaté le bon renom de cette maison.

La même récompense a été décernée à la maison Mathis et Fombaron qui s'occupe également d'entreprises de plomberie, de gaz, de couverture; son exposition comprenait un modèle de couverture avec cheneaux à l'anglaise, sur crochets avec fleurons d'ornement, extrêmement léger.

La couverture des édifices est une des parties les plus délicates de l'industrie du bâtiment. Beaucoup d'édifices sont maintenant couverts en ardoises.

La maison Larivière et Cie, connue également sous le nom de « *Commission des ardoisières d'Angers* », est l'une des plus réputées en France et à l'étranger, pour la qualité, pour la préparation des ardoises qu'elle fournit. Le Jury de la Classe 28 n'avait d'ailleurs point à la juger à ce point de vue et était seulement appelé à apprécier l'application de ses produits, faite par la maison Larivière, pour la construction d'un pavillon édifié près de la tour Eiffel et dont la toiture présentait à la fois un caractère artistique et pratique destiné à démontrer que les ardoises peuvent s'appliquer sur toutes les formes de toitures, quelque compliquées qu'elles soient, que la pose peut en être faite sans recourir à l'emploi du métal. A l'intérieur du pavillon figuraient des modèles de démonstration pour l'école d'apprentissage de la société. La maison Larivière et Cie étant placée hors concours, le Jury n'a pu proposer des récompenses que pour les collaborateurs de l'exposition faite par cette maison pour la Classe 28 : MM. Moreau (Jean) et Papiau, qui avaient exécuté la toiture du pavillon, et MM. Brandilly et Charron, auteurs des modèles exposés à l'intérieur, ont tout quatre reçu des médailles de bronze.

M. Bonvous, entrepreneur de couvertures réputé d'Angers, qui compte à son actif d'importants travaux, avait exposé comme « chef-d'œuvre » un dôme construit avec des ardoises de formes et de couleurs variées, très bien exécuté, qui a été apprécié du Jury comme du public qui a pu le contempler; une médaille de bronze a constaté le succès de cette exposition.

Deux associations ouvrières exposaient des travaux de couverture, la Chambre syndicale des ouvriers couvreurs, plombiers, zingueurs de Paris et l'Union des ouvriers couvreurs de Morlaix. Ces deux associations ont fait preuve d'une grande habileté professionnelle, et le Jury a décerné à la première une médaille d'argent et une médaille de bronze à la seconde.

Une importante maison de couvertures en ardoises de Bruxelles, la maison Van Bellinghen-Tomberg, a obtenu une médaille d'argent pour son exposition qui comprenait notamment la toiture du pavillon de l'Agriculture de Belgique, à l'Esplanade des Invalides. Les ardoises ne sont pas clouées, elles sont fixées par des crochets spéciaux qui, d'une part, pincent la latte en bois et, d'autre part, le bas de l'ardoise, assurant ainsi la la fixité de la couverture.

L'établissement de couvertures économiques pour les installations provisoires surtout est fort intéressant.

Une des plus anciennes maisons de Paris, fondée en 1839, la maison A. Pelletier, aujourd'hui dirigée par M. Ythier, exposait du «chanvre bitumé pour toitures» et divers autres produits hydrofuges pour tenture de murs humides, qui lui ont fait obtenir une médaille de bronze.

Une maison de Berlin, la maison Weber-Falckenberg, fabrique des toiles de lin imprégnées et rendues imperméables dont il a été fait de nombreuses applications en Allemagne et dont il a été fait usage à l'Exposition pour la couverture du hall des machines de la section allemande, des gares et abris de la plate-forme mobile. Cette toiture peu coûteuse s'entretient assez facilement en y appliquant de nouvelles couches de peinture; le Jury l'a récompensé d'une médaille de bronze.

M. Rigal (Pierre) exposait des applications de ciment volcanique Haensler pour toitures, terrasses, couvertures et chapes, au moyen de plusieurs épaisseurs de papier spécial soudées ensemble et recouvertes ensuite d'un revêtement isolant de sable et de gravier. Ce procédé de couverture semble se vulgariser d'une manière importante depuis quelques années; plusieurs grands établissements, des usines surtout, qui l'ont adopté, soit comme couvertures, soit comme terrasses, en attestent le succès, qui a valu à M. Rigal une mention honorable.

Aux États-Unis, la Standard paint company, de New-York, établit des toitures imperméables notamment par application d'un nouveau produit, le «ruberoïd» en feutre de paille et de lin imbibé et enduit des deux côtés de bisulfite de carbone le rendant imperméable et incombustible. Des applications de ce système avaient été faites à la couverture d'un pavillon d'octroi à l'Exposition, à l'annexe de Vincennes, etc. Le ruberoïd peut être employé pour des revêtements intérieurs et extérieurs, recevoir une décoration; on s'en sert comme isolant pour la construction de glacières, de chambres froides dans les steamers.

Le ruberoïd est représenté en France par M. Chalanquin-Beuret. Une médaille d'argent a été accordée à ce produit.

La maison J. Hardy, de Paris, exposait des chéneaux, gouttières et noues en fonte se juxtaposant, se reliant au moyen de joints en caoutchouc spécial et de crochets de serrage assurant l'étanchéité, des fers à vitrage et couvre-joints en fer à dilatation libre avec système de serrage à pression au moyen de caoutchouc supprimant l'emploi du mastic et s'appliquant au vitrage des serres, marquises, vitrines, etc. Cette maison a exécuté de nombreux et importants travaux pour diverses administrations publiques; à l'Exposition, elle avait pris part aux travaux du grand palais des Beaux-Arts, du palais de l'Électricité, du palais des Forêts, de la Chasse et de la Pêche, etc. Tous ces travaux démontrent que le système de chéneaux et de fer à vitrage de la maison Hardy est très pratique et donne d'excellents résultats; cette maison a donc obtenu une médaille d'argent, et une médaille de bronze de collaborateur a été accordée à un des plus anciens employés, M. Sautier, désigné par son patron à la bienveillance du Jury.

La Société des chéneaux et tuyaux en fonte, système J. Bigot-Renaux, exposait des chéneaux, gouttières, membrons, faîtières, arêteurs en fonte de toutes formes, des

chéneaux dits *paraneiges*, évitant les obstructions, des chéneaux garde-corps assurant la sécurité de la circulation sur les combles, des tuyaux de canalisation à emboîtement avec joints en caoutchouc assurant l'étanchéité, un nouveau système de tuyaux en fonte se démontant isolément, reliés entre eux au moyen de manchons de caoutchouc serrés par des demi-colliers en fer, permettant le nettoyage facile des conduites.

Cette très importante maison, fondée en 1871 à Paris, n'a cessé de croître depuis cette époque; à l'Exposition de 1900, elle a fourni 8,000 mètres de chéneaux en fonte pour les palais du Château-d'Eau, de la Mécanique, etc.

La Société a été récompensée d'une médaille d'or; son directeur, M. Girard, qui fait partie de la maison depuis vingt-quatre ans, a obtenu une médaille d'argent de collaborateur.

SERRURERIE.

Parmi les maisons de serrurerie de Paris, notamment pour les travaux spéciaux exigeant des soins particuliers, ayant un certain caractère artistique, la maison H. Lorphelin est une des plus réputées, malgré son installation relativement modeste, grâce à la parfaite compétence, à la haute honorabilité de son directeur. L'exposition de M. Lorphelin comprenait des modèles de plusieurs combles en fer, des photographies de nombreux travaux exécutés, plafonds vitrés, serrurerie d'art pour balcon, barres d'appui, panneaux de rampes d'escalier, grilles, marquises, etc.; on remarquait principalement les dessins de bibliothèques suspendues et roulantes installées par M. Lorphelin à l'École des sciences morales et politiques, d'après les indications sommaires qui lui avaient été données. Une médaille d'argent a été attribuée à M. Lorphelin, dont le principal collaborateur, M. Gabel, ingénieur dessinateur, a reçu une médaille de bronze.

EXPOSANTS DIVERS.

La «stucatine» présentée par M. Collantier est un produit à base de silicate de chaux, qui peut s'appliquer avec une grande adhérence sur toutes les surfaces de plâtre, ciments, métaux, bois, et donne l'apparence et le grain de la pierre de taille. M. Collantier a fait de nombreuses applications de stucatine, dont quelques-unes, remontant à plusieurs années, ont donné, donnent d'excellents résultats, suivant certificats dressés par des architectes de grande autorité; le Jury lui a donc décerné une médaille d'argent.

M. Germain, entrepreneur de stuc, exposait des socles, balustres, colonnes, bases et chapiteaux en stuc imitant le marbre et la pierre, panneaux et bas-reliefs pour décoration de passages, vestibules, escaliers, des baignoires et vasques en stucs hydrauliques. M. Germain a fait, en ces dernières années, des applications importantes de ses procédés, notamment à la maison de la New-York, à Paris. Tous les travaux de cette maison sont très soignés et d'une exécution irréprochable; aussi le Jury a-t-il décerné à M. Germain une médaille d'or.

Toute exposition comprend des « chefs-d'œuvre » présentés par des ouvriers laborieux qui utilisent, d'une façon plus ou moins profitable, les loisirs qu'ils peuvent avoir, leur journée de travail accomplie. Quels que soient les résultats obtenus, ces efforts doivent être encouragés, et c'est pourquoi le Jury a proposé d'accorder des mentions à M. Van Stappen, pour des chaînes en bois de noyer découpées avec une grande habileté de main; à MM. Boré, Jouffin, Michel, pour des études de coupes de pierre qui dénotent des connaissances professionnelles assez étendues.

Pour être complet, nous signalerons, en terminant, l'effort fait par deux exposants, MM. Meunier et Migraine.

M. Meunier a imaginé un gabarit en bois, de dimensions variables, pour couler des dalles et des châssis en ciment.

M. Migraine a imaginé une boîte à scellement pour sceller des pièces de fer dans les murs, dans les dalles de pierre; il exposait également une boîte en bois à secret.

M. Jensen, de Copenhague, exposait un modèle de maison construite en briques creuses de ciment de sa fabrication; il est l'inventeur de la machine qui lui sert à fabriquer non seulement ces briques, mais encore des tuyaux de ciment. Ce genre de construction est intéressant en ce que les murs creux sont d'excellents isolateurs contre le froid, contre la chaleur. M. Jensen a obtenu une médaille de bronze, et une mention honorable a été accordée à un maître ouvrier, M. Andersen, signalé comme ayant été chargé de la surveillance des objets exposés.

M. L. Vermandé, entrepreneur de travaux publics à Paris, exposait des panneaux armés en ciment et liège, insonores, pour hourdis de planchers en fer, cloisons et revêtements verticaux, glacières, cloisons isolantes pour calorifères. Ces panneaux sont composés d'une couche de liège aggloméré maintenue sur ces deux faces par une enveloppe de métal déployée, sur laquelle on applique un enduit de mortier de ciment. Il y a là une innovation intéressante que le Jury a récompensée par l'attribution d'une mention honorable.

LES TRAVAUX PUBLICS.

EXPOSANTS DIVERS.

Nous mettrons en tête de ce chapitre l'Association des ingénieurs civils portugais dont l'exposition ne ressortissait d'ailleurs pas absolument à notre classe, mais à laquelle le Jury a cependant décerné une médaille d'argent, et M. Buchetti auquel la même récompense a été accordée pour une collection d'ouvrages sur les machines à vapeur, les moteurs hydrauliques, les turbines, les pompes centrifuges et rotatives et dont l'examen ne revenait guère non plus au Jury de la Classe 28.

Le Jury a encore été saisi de l'exposition de MM. Morin et Gense, fabricants d'instru-

ments de précision à Paris, qui ont réalisé dans la construction des instruments de chantier des perfectionnements intéressants, notamment dans le but de rendre ces instruments moins fragiles, plus maniables, aussi peu sensibles que possible aux intempéries; le théodolite construit par MM. Morin et Gense est un instrument très pratique; il en est de même du niveau d'eau de précision du capitaine Leneveu, très employé sur les chantiers. Une médaille d'argent a été accordée à MM. Morin et Gense.

PETIT MATÉRIEL.

Une médaille de bronze a été décernée à M. Deguy, de Seignelay, qui s'est fait une spécialité de tarières et mèches pour le sabotage des traverses de chemins de fer, soit à filet hélicoïdal, soit à cuiller; M. Deguy donne toute satisfaction à la clientèle de choix qu'il a su se former.

Des mentions honorables ont été attribuées à M. Feugier, de Sault-Brenay (Oise), pour une exposition de crics de toutes dimensions, de fabrication soignée, et à MM. Navet et Nouguier, de Paris, qui exposaient des spécimens de toute leur fabrication justement considérée : brouettes, outils, crics, vérins, outillages divers. MM. Navet et Nouguier ont amélioré leur type de treuil en faisant porter l'arbre sur des coussinets avec graisseur, le tout étant démontable et d'un entretien facile.

GROS MATÉRIEL.

Nous avons essayé de classer les expositions du gros matériel dans un ordre quelque peu méthodique, sans pouvoir y réussir absolument, car aussi bien les expositions de certains exposants comprennent des appareils de diverses catégories.

Excavateurs. — Nous nous occuperons en premier lieu des excavateurs, dont l'emploi se généralise de plus en plus.

Une médaille d'or a été immédiatement attribuée à un exposant français, M. Normand, de Paris, qui s'occupe depuis de longues années de la construction et de l'installation des excavateurs système Couvreux, et y a réalisé divers perfectionnements. L'exposition de M. Jules Normand comprenait, outre un dessin, un excavateur de son dernier type où il a combiné avec les qualités de puissance et de solidité la légèreté et une grande simplicité d'organes.

Une des particularités de l'engin exposé consiste dans la surélévation du sommet du couloir pour donner la pente nécessaire au triage, au câblage et au lavage du ballast.

D'autre part, l'appareil n'est plus supporté que par trois essieux reposant sur trois voies. L'essieu sous le puisard comporte, dans l'appareil exposé, une disposition du balancier qui reporte une partie du poids sur deux galets en acier roulant sur le rail extérieur.

L'élinde est divisée en deux tronçons de 6 mètres, qui s'assemblent par éclissage suivant les besoins; elle est manœuvrée à la main, ce qui permet de réparer la chaîne à godets lorsqu'on fait, d'autre part, les lavages de la chaudière, les réparations et nettoyages de la machinerie.

Au lieu des engrenages, qui étaient exposés à des ruptures au cas de rencontre de blocs, etc., on emploie pour la transmission du mouvement de la machine des poulies et des courroies.

La translation sur rails se fait au moyen d'une petite machine spéciale.

Trois hommes suffisent pour la conduite et la marche de l'appareil.

L'appareil exposé, du type moyen, machine de 35 chevaux, godets de 150 litres, poids 38 tonnes, est susceptible de produire, suivant la nature du terrain, de 150 à 250 mètres cubes à l'air. M. Normand en construit de moins puissants et de plus puissants, d'un minimum de 60 mètres cubes à l'heure à un maximum de 360 mètres cubes dans les terrains de sable et de gravier.

La même récompense a été décernée à la maison Smulders, de Rotterdam, et à la maison Ruston, Proctor and C°, de Lincoln (Grande-Bretagne).

MM. Smulders exposaient un excavateur pour terrains très résistants, construit pour le compte du gouvernement néerlandais, à la suite d'un concours ouvert pour les travaux d'irrigation de la vallée de Solo, à Java (Indes néerlandaises). Cet excavateur a de nombreuses analogies avec l'excavateur Normand; on y retrouve notamment la disposition du balancier reportant le poids de l'élinde sur deux galets; ce qui le caractérise, c'est une construction extrêmement robuste qui le rend susceptible d'emploi même dans les terrains très durs.

Les godets sont beaucoup plus grands; l'élinde est très robuste et la machine seule peut le relever; l'engin peut fouiller jusqu'à 6 mètres de profondeur.

La puissance de la machine motrice est de 125 chevaux.

L'appareil en ordre de marche pèse 55 tonnes. Une machine spéciale de 35 chevaux sert au déplacement de l'appareil et permet de tirer un train au moyen de câbles s'enroulant sur un tambour.

L'appareil produit 150 mètres cubes à l'heure dans un terrain très dur, 200 à 225 dans un terrain moins dur.

MM. Smulders ont fourni des engins de ce genre non seulement pour le gouvernement néerlandais, mais encore pour le canal de la mer Baltique, le canal de Dormund-Ems, la régularisation du Danube en Hongrie, la régularisation de la Vistule près Dantzig, pour des travaux dans le Rhône à Avignon.

MM. Smulders qui construisent également et même principalement des dragues, avaient exposé, entre outre, les modèles suivants :

Drague marine, à godets et à hélice, de 1,000 chevaux, fournie au gouvernement russe, pour le port de Vladivostock;

Drague marine, à godets ou à succion et refoulement, de 600 chevaux, fournie au gouvernement russe, pour le port de Marioupol;

Drague porteuse, à godets et à hélice, d'une capacité de 500 tonneaux;

Remorqueur suceur et refouleur de sable, breveté, livré en Hollande et en Italie, produisant 500 mètres cubes à l'heure.

MM. Ruston, Proctor and C° exposaient à Vincennes un excavateur breveté, pour terrains très résistants, qui a été employé en grand au canal de Manchester. C'est un terrassier à cuiller tranchante, qui fonctionne de la façon suivante:

On abaisse le godet jusqu'à ce que le bras qui le soutient se trouve dans une position verticale, et l'engin étant placé en face de la tranchée à creuser, on met la machine à vapeur en marche. Le godet, poussé en avant, pénètre dans le terrain et, quand il arrive dans sa position la plus élevée, on fait tourner la flèche jusqu'à ce que le godet se trouve au-dessus du vagon. L'homme posté au volant, sur la plate-forme de la flèche, tire alors la corde reliée au verrou et qui maintient la porte du godet; celle-ci s'ouvre, et le godet se vide dans le vagon. La flèche est ensuite ramenée en position pour faire une nouvelle fouille; en abaissant rapidement le bras du godet, la porte se referme automatiquement.

Il ne faut que deux hommes pour faire fonctionner cet engin, qui, avec un godet de 1 mètre cube, peut faire en terrain très dur 60 mètres cubes à l'heure. La machine à vapeur est de 10 chevaux et le poids de l'appareil de 36 tonnes. La construction en est extrêmement robuste.

La plate-forme portant la machine motrice et le mécanisme est portée par deux essieux dont les roues peuvent rouler sur une voie de 3 mètres d'écartement. A chaque angle de la plate-forme sont établies de fortes consoles avec vérins qui supportent le poids de l'appareil pendant le travail et permettent de le caler sur des traverses pour empêcher tout mouvement latéral.

La maison Ruston-Proctor construit, sur le même type, un engin un peu moins puissant, de la force de 6 chevaux, pesant 25 tonnes.

La caractéristique de tous ces engins est leur puissance considérable, mais ils sont très lourds et leur emploi ne se justifie que dans des terrains très résistants et pour de très grandes fouilles; l'engin a, en effet, par lui-même, un très grand empatement, et, pour le desservir par vagons, il faut disposer, en raison de son rendement, d'une grande largeur.

La maison Ruston-Proctor a fourni dans les divers pays 210 terrassiers de son système, dont 70 pour le canal de Manchester.

En France, il en a été fait usage pour le Pas-de-Calais.

Deux médailles d'argent ont été accordées à MM. Bornemann et Livens, collaborateurs de cette maison.

Un constructeur français de Lyon, réputé, M. Alexandre Pinguely (ancienne maison Gabert frères), a obtenu une médaille d'argent pour son exposition de dessins d'excavateurs et de dragues qui comprenait:

Une drague porteuse à succion, système Bony, employée au canal de Jonage et en Cochinchine;

Une drague employée au port d'Haïphong, comportant un refouleur de déblais, système Bony, avec pompe marchant à 125 tours;

Une drague à godets renforcés, pour terrains très résistants, employée au port de Saint-Pierre (Réunion), dans des porphyres;

Un excavateur avec élévateur;

Un élévateur flottant, employé au port de Bordeaux.

La particularité la plus importante de cette exposition était sans doute le refouleur de déblais, système Bony, susceptible d'un rendement de 150 mètres cubes à une hauteur de 10 mètres, à une distance de 1 kilomètre.

C'est tout à la fois pour des excavateurs un peu spéciaux et pour l'industrie spéciale qu'il a créée au moyen de ces engins qu'une médaille d'or a été décernée à M. Joncourt, de Chauny (Aisne), grand fournisseur de ballast pour les chemins de fer du Nord français.

Les appareils exposés par M. Joncourt étaient au nombre de quatre:

Un excavateur avec criblage à sec et transport du sable à la fouille;

Un excavateur avec cribleur-laveur, d'un très bon rendement;

Un laveur pour terrains argileux, contenant des cailloux;

Un laveur hélicoïdal, avec lavage intérieur.

Nous rattacherons aux excavateurs l'exposition faite par la Société française de matériel agricole et industriel de Vierzon, d'une machine à casser la pierre, avec son trieur-classeur, qui a valu une médaille de bronze à la Société et une mention honorable à un collaborateur, M. Taillebois. Cette machine comporte deux mâchoires, dont l'une fixe et l'autre mobile, garnies de plaques faciles à remplacer, disposées de façon à pouvoir être retournées de bas en haut. Le concassage s'opère au moyen d'une combinaison de leviers mettant en mouvement la mâchoire mobile.

La machine exposée, pesant 4,500 tonnes, peut, avec une force motrice de 6 chevaux, casser de 3 mètres cubes à 3 mètres cubes et demi de pierres dures par heure; c'est un type moyen entre extrêmes allant de 1 à 5 mètres cubes.

La Société de Vierzon a récemment réalisé, avec ses concasseurs, pour le compte de la Société anonyme des carrières du Pas-de-Calais, une intéressante installation destinée à l'utilisation des déchets de carrières à pavés et macadams. Le service entre la carrière et les concasseurs est fait au moyen de vagonnets Decauville. Le trieur-classeur déverse, dans des vagons différents, du sable, de la grenaille, de la pierre pour macadam, qui sont transportés en gare, des résidus qui sont jetés aux remblais.

Dragues. — L'exposition des dragues était des plus intéressantes; aussi le Jury a décerné trois grands prix accompagnés de récompenses élevées pour les principaux collaborateurs de la première maison récompensée, à une maison hollandaise, la Société Werf Conrad, à une maison anglaise, Simons et C°, et à une maison américaine, Linton W. Bates.

IMPRIMERIE NATIONALE.

La Société anonyme Werf Conrad présentait une intéressante collection de modèles de dragues de tous types et de toutes dimensions.

La principale création des chantiers Conrad, dans ces dernières années, consiste dans une pompe de refoulement pour transport des déblais à distance. Un modèle montrait cette pompe agencée sur une drague à godets, avec des tuyaux de refoulement montés en paire sur des flotteurs. Ce sont des tuyaux en tôle d'acier de 0 m. 35 de diamètre, de 6 m. 50 de longueur, raccordés ensemble par des manchons en cuir montés sur toile métallique; cette question de raccord a été une des plus délicates à résoudre, à cause de la pression qui atteint jusqu'à 2 atmosphères; c'est le système français de toile métallique D'Éspine-Achard qui a donné la solution.

Ce type de drague à godets refouleuse a été appliqué en grand sur le Volga. Les engins avaient 42 mètres de long, 7 m. 50 de largeur, 2 m. 80 de tirant d'eau; la force totale des machines était de 345 chevaux; le rendement par heure atteignait 250 mètres cubes; le transport des déblais se faisait à 200 mètres.

Les chantiers Conrad construisent un grand nombre d'autres types de dragues, dont ils exposaient des modèles, savoir :

Modèle d'une drague à godets marine refouleuse, utilisée au canal maritime de Kœnigsberg;

Modèle d'une drague à godets et à succion, de 600 chevaux; 5 mètres de tirant d'eau; rendement de 400 mètres cubes à l'heure;

Modèle d'une grande drague aspiratrice porteuse, de 300 chevaux; 4 mètres de tirant d'eau; capacité de la cale, 300 mètres cubes; rendement, 600 mètres cubes à l'heure;

Modèle d'une drague marine fournie au port de Rouen et pouvant charger sur chaland ou bien refouler par une conduite de tuyaux de 500 mètres à une hauteur de 6 mètres, ou encore draguer le sable contenu dans les chalands pour le refouler par la conduite.

Ce dernier type de drague, utilisé pour les travaux de dégagements en basse Seine, où d'importantes quantités de sable sont constamment en mouvement, mérite une mention spéciale. Les deux machines principales, développant chacune 400 chevaux, peuvent actionner, chacune, soit une hélice pour faire le service de remorqueur, soit une des pompes centrifuges destinées à l'aspiration et au refoulement des déblais (chargement d'un chaland de 100 mètres cubes de sable en dix minutes), soit la pompe centrifuge à eau claire pour délayer le déblai du chaland (vidange d'un chaland de 100 mètres cubes de sable en quinze minutes). Deux élindes indépendantes permettent de charger en même temps deux chalands. Une troisième grande pompe lance un fort jet d'eau claire dans le chaland que l'on vide au moyen de l'une des pompes à déblais.

Les chantiers Conrad sont au premier rang parmi les établissements de construction de dragues.

La grande variété des types qu'ils construisent est due en grande partie à la compétence de M. Massalski, qui représente cette Société en France et qui a obtenu une

médaille d'or, ainsi que M. Goedkoop, ingénieur de la maison; une médaille d'argent a été accordée à un autre collaborateur, M. Holst.

MM. Simons and C°, à Renfrew, Glasgow, présentaient, eux aussi, une intéressante collection de modèles de dragues de tous types et de toutes dimensions, construites en 1893, 1894, 1896, 1897 et 1898 et successivement améliorées; le dernier type consiste en une drague à godets et à succion. Ces messieurs exposaient enfin le modèle d'un transbordeur de train, sorte de ponton métallique monté sur un bateau, et qui, au moyen de vérins, peut affleurer à la rive pour recevoir un train à toute heure de la marée.

M. Linton W. Bates est le créateur de très puissantes dragues aspiratrices et à refoulement, avec désagrégateurs, dont il exposait des modèles dans l'exposition des États-Unis et dans celle du Ministère russe des voies et communications.

Le système de drague Bates ne date que de sept ans. Mais auparavant M. Bates avait déjà construit des engins très puissants, caractérisés par la drague *Beta*, pour les grands travaux de dragage du Mississipi.

La première drague du système Bates a été faite également pour le Mississipi. Sa puissance atteint 5,000 chevaux, donnant un rendement de 2,000 mètres cubes à l'heure, refoulés au moyen de tubes flotteurs à 200 mètres.

Une particularité intéressante de cet engin est l'emploi de cullers ou désagrégateurs, imaginés par M. Bates et qui s'installent devant le tuyau d'aspiration pour désagréger les terrains argileux.

M. Bates a successivement perfectionné cette construction, et le modèle que l'on voyait dans l'exposition russe représentait l'engin le plus puissant qui ait été fait. Deux dragues de ce type viennent d'être construites par la Société Cockerill pour d'importants travaux à exécuter sur le Volga; elles ont environ 80 mètres de longueur sur 17 mètres de largeur, avec un tirant d'eau de 2 m. 30.

Ces dragues peuvent fontionner séparément ou accouplées ensemble; dans ce dernier cas, leur rendement total par heure est fixé par le contrat à 3,000 mètres cubes de sable de rivière ordinaire, avec enlèvement d'une couche de terrain de 1 m. 07 d'épaisseur, et à 1,500 mètres cubes, avec enlèvement d'une couche de 0 m. 60; le refoulement par conduites flottantes devant se faire à 213 mètres.

Le rendement des deux dragues obtenu aux essais en Belgique, en 1899, a sensiblement dépassé les conditions du contrat, et les résultats ont été confirmés par de nouvelles expériences confiées à une Commission spéciale dans le port de Saint-Pétersbourg, expériences à la suite desquelles les deux engins ont été expédiés sur le Volga pour entreprendre les travaux en vue.

Pour les grands travaux de dragage, pour le percement des canaux, la puissance colossale des engins de M. Bates présente assurément un immense intérêt.

En suite de ces puissantes maisons de construction, viennent en bonnes conditions :

La Bucyrus company, à South Milwaukee (U. S. A.), qui a obtenu une médaille d'argent pour son exposition d'un modèle d'une drague à grands godets, très employée

dans les travaux du canal de Manchester, où elle enlevait jusqu'à 3,500 mètres cubes par jour.

Les Établissements Top Smit, de Kinderkyk (Pays-Bas), qui ont obtenu une médaille de bronze pour un modèle de drague marine brevetée à succion et à refoulement.

La drague peut remplir les différentes fonctions suivantes :

1° Aspirer le sable du lit de la rivière et le refouler sur la rive, au lieu de le déposer dans les puisards du bateau ou dans un chaland placé à côté de la drague;

2° Aspirer le sable de ses propres puisards pour le refouler sur la rive ou dans un chaland placé à côté de la drague; cette opération pouvant avoir lieu à distance du lieu de dragage;

3° Aspirer le sable des chalands pour le refouler soit sur la rive ou dans les puisards mêmes de la drague;

4° Vider ses propres puisards par l'ouverture de clapets de fond.

Le modèle exposé montrait, avec de l'eau, comment se réalisent ces différentes opérations.

Les Établissements Smit ont construit les premières dragues de ce système pour un entrepreneur de travaux publics de Hollande; ils en ont ensuite fourni à la Russie, la Roumanie, l'Angleterre, la Belgique, l'Allemagne.

Dans les sables légers, le rendement du type de 48 mètres de longueur atteint 800 mètres cubes à l'heure.

Bien loin derrière ces grands engins, mais présentant un intérêt réel, nous citerons la petite drague à manège inventée par M. Amédée Alasseur, entrepreneur de travaux publics à Paris, et appliquée par lui pour de petits terrassements.

Nous avons déjà cité, à propos de l'exposition Werf Conrad, l'ingénieux système de tissu métallique de MM. D'Espine, Achard et Cie. Le Jury de la Classe 28 a accordé une médaille d'argent à MM. D'Espine, Achard et Cie, car leur tissu métallique a déjà rendu et peut rendre de très grands services dans nombre de cas. C'est ainsi que, dans les travaux d'amélioration de la Gironde et du port de Bordeaux, il a été fait usage d'une courroie de 1 m. 20 de largeur et de 650 mètres de longueur, pour transporter à 320 mètres les déblais d'un excavateur.

Perforatrices. — On sait le rôle qu'ont joué déjà dans les entreprises de travaux publics, notamment dans le percement des grands tunnels de chemins de fer, les machines perforatrices. Comme le rôle de ces appareils ne peut que grandir, il est naturel que les constructeurs de machines-outils fassent de grands efforts pour les perfectionner.

Un grand prix a été décerné par le Jury à l'exposition collective organisée par la Société des chemins de fer du Jura-Simplon, à Berne, et la maison Sulzer, de Winterthur, sous le nom de Percement du Simplon.

Le percement du Simplon, qui compte parmi les grandes œuvres de la fin du siècle, avait naturellement sa place marquée à l'Exposition de 1900. La Société du Jura-

Simplon et la maison Sulzer, laquelle a pris l'entreprise à forfait pour 55 millions, avec délai d'exécution de cinq ans, ont su présenter leur exposition collective de la façon la plus intéressante.

Le souterrain du Simplon doit avoir 19,729 mètres de longueur.

Comme on le sait, la méthode employée est entièrement différente des procédés jusqu'ici employés : au lieu d'une galerie à deux voies, on fait deux galeries à une voie, à 17 mètres de distance horizontale et au même niveau, l'une devant constituer le passage de la ligne à une voie, l'autre devant être faite provisoirement à section de 6 m² 25 (2 m. 50 sur 2 m. 50). Cette deuxième galerie, reliée à la galerie du souterrain par des galeries transversales, sert à la ventilation, à l'évacuation des eaux.

Sur chaque versant, les deux galeries sont percées parallèlement au moyen de perforatrices hydrauliques du système Brandt. Chaque attaque comporte un certain nombre de perforatrices, alimentées par des conduites d'eau, à la pression de 100 atmosphères, installées dans la galerie correspondante.

Les galeries transversales sont percées par le même procédé.

C'est à la suite de l'expérience du percement du Gothard que l'inventeur de la perforatrice à air comprimé eut l'idée de substituer à l'air comprimé l'eau sous pression et, à la percussion sur la roche, l'action d'un appareil rotatif. La pression du fleuret contre la roche est obtenue par un cylindre hydraulique, et le mouvement de rotation et de rupture de la roche, par un autre moteur hydraulique à deux cylindres.

L'essai de la nouvelle perforatrice fut fait avec succès, en 1880, au souterrain de l'Arlberg sur le versant ouest, et les perfectionnements apportés depuis à la construction même, par la maison Sulzer, en ont fait l'engin le plus approprié à ce genre de travaux. Le fonctionnement en est très régulier, quelle que soit la nature de la roche; il s'effectue avec peu de bruit, sans poussière; d'autre part, l'amenée de l'eau sur le chantier absorbe la poussière des mines, au grand avantage des conditions hygiéniques, si difficiles à réaliser dans les grands souterrains.

On voyait à l'Exposition la reproduction d'un chantier d'attaque, sous forme d'une paroi de gneiss contre laquelle se dressaient trois perforatrices Brandt avec les conduits d'alimentation sous pression.

Ces machines sont fixées sur une même colonne montée sur un affût qui peut rouler sur une voie. La colonne est également articulée de façon à se déplacer parallèlement à l'affût pour la marche; et, en effet, une fois les trous forés, l'affût est emmené à 150 mètres en arrière pour que l'on tire les mines et que l'on déblaie, après quoi il est ramené au front d'attaque. L'affût est agencé de telle sorte que l'eau sous pression l'ancre dans les parois rocheuses.

Dans les gneiss, chaque attaque comporte sept ou huit trous de 70 millimètres de diamètre, de 1 à 2 mètres de profondeur, dont le forage exige de 2 heures à 2 heures 1/2. On charge les trous de 5 kilogrammes de dynamite, puis, les mines une fois tirées, il faut environ 3 heures pour le déblaiement. En y ajoutant le temps nécessaire pour la double manœuvre des perforatrices, on voit qu'une attaque exige en tout 6 à

7 heures, de telle sorte que l'on fait, à chaque front, trois ou quatre attaques par jour.

Dans ces conditions, l'avancement atteint actuellement par jour une moyenne de :

5 m. 50 sur le versant nord, dans les schistes lustrés calcarifères et micacés souvent tendres;

3 m. 90 sur le versant sud, dans le gneiss.

A côté de cette intéressante reproduction d'un chantier, MM. Sulzer produisaient les dessins montrant le fonctionnement de la perforatrice Brandt dans tous ses détails, ainsi que les dessins des compresseurs comprimant l'eau à 100 atmosphères.

On voyait l'installation des pompes actionnées par des turbines et qui, accouplées deux à deux, ont un débit de 6 litres par seconde. Un accumulateur leur est adjoint, qui régularise la pression dans les perforatrices et permet d'en arrêter la marche, les pompes continuant à fonctionner.

Un des problèmes les plus importants à résoudre dans le percement des grands souterrains est celui de la ventilation, de façon à ne pas atteindre une température excessive.

Au Saint-Gothard, on n'avait pas trouvé plus de 30 à 35 degrés. Mais, au Simplon, cette température fut atteinte dès que l'on parvint à 2 kilomètres du versant italien. On compte trouver jusqu'à 40 degrés.

Pour ces hautes températures, il faut une ventilation très énergique, beaucoup d'air avec de l'eau pulvérisée. Au Saint-Gothard, la quantité d'air insufflée n'était que de 2 mètres cubes par seconde, ce qui fut reconnu insuffisant. A l'Arlberg, on assurait 6 mètres cubes. Pour le Simplon, les installations ont été faites, sur chaque versant, pour 50 mètres cubes[1].

Chaque installation comporte, à cet effet, deux grands ventilateurs de 4 mètres de diamètre, actionnés par des turbines et pouvant travailler parallèlement ou en série. Le débit de chaque ventilateur est de 25 mètres cubes par seconde, à la pression de 250 millimètres d'eau, pour 350 tours à la minute.

L'entrée des grandes galeries est fermée par un rideau. Il existe dans toutes les galeries un courant d'air ayant une vitesse d'environ 6 mètres par seconde. De l'air est de plus amené sur les points où il y a des groupements d'ouvriers. La température de l'air, à la sortie des tuyaux d'aération, est de 24 à 20 degrés.

On arrive ainsi à ne pas avoir plus de 26 degrés pendant la perforation et 23°, 3 pendant le marinage.

Quant aux transports, il sont assurés, au moyen de voies de 0 m. 80, par des locomotives à vapeur de 16 tonnes et des wagons de 2 mètres cubes de capacité. Il est fait un service de trains réguliers, environ douze trains de 20 à 25 véhicules à l'heure. La grande quantité d'air insufflée rend illusoire l'inconvénient de la fumée des locomotives.

[1] On pense conserver ces installations pour l'exploitation du souterrain.

Telles sont les principales indications qui ont été fournies au Jury de la Classe 28 lors de sa visite.

A la fin du mois d'août, l'avancement atteignait :

Du côté nord	3,588 mètres.
Du côté sud	2,643
TOTAL	6,231

Ce qui donne aux ingénieurs et entrepreneurs tout espoir que le travail sera terminé le 13 mai 1905, terme du délai de cinq ans fixé par le contrat.

Une médaille d'argent de collaborateur a été attribuée à M. STEIGER.

Des médailles d'argent ont été attribuées à la COMPAGNIE HARDY PATENT PICK, de Scheffield, et à deux maisons de New-York.

MM. Hardy, Patent, Pick C° avaient une intéressante exposition de perforatrices à percussion ou à main.

Comme nouveauté, ils présentaient une perforatrice pneumatique à percussion brevetée, système Daw, susceptible de donner 700 ou 800 coups par minute — 750 coups avec 7 atmosphères. La course du piston est variable à volonté et l'usure entre le glissoir et le berceau est compensée automatiquement par des ressorts. Les coups sont toujours secs et il n'y a pas de vibration.

Cet appareil vient d'être mis à l'essai pendant dix-huit mois dans des carrières en Suède, et il a donné les meilleurs résultats.

L'exposition comprenait, d'autre part, divers types de perforatrices rotatoires à main à avancement différentiel, très employés dans le nord de la France.

La maison Hardy, Patent, Pick construit également sur une grande échelle l'outillage du mineur et du terrassier. Elle exposait une pique brevetée « Universal », qui permet d'adapter à un même manche, au moyen de coins, la lame convenant le mieux à la nature du terrain.

Tout l'outillage exposé dénotait une fabrication très soignée et très variée.

L'INGERSOLL-SERGEANT DRILL COMPANY, de New-York, exposait des perforatrices très employées au canal de Chicago. L'engin le plus important était une perforatrice à vapeur roulant sur rails, qui a servi à faire des tranchées de roche par gradins; on remarquait une perforatrice à main, également employée au canal de Chicago.

C'est également à l'entreprise du canal de Chicago que s'est signalée la RAND DRILL COMPANY, ainsi qu'il résulte non seulement de l'exposition d'une perforatrice actionnée à main, qui y a été employée, mais de la présentation d'une importante collection de photographies montrant des organisations de chantiers de cette grande entreprise.

Une mention honorable a été décernée à la maison DUNAND frères, de Genève, qui exposait une perforatrice rotative, récemment brevetée, pouvant être actionnée à bras ou par un moteur quelconque, avec injection d'eau.

L'appareil exposé, qui comportait un moteur électrique, était monté sur un affût permettant de percer des trous dans tous les sens et dans n'importe quelle position. On peut y adapter des mèches de toute forme et de toutes dimensions.

Le porte-mèche et la mèche elle-même sont creux, de façon à pouvoir amener un jet jusque dans le fond du trou que l'on perce, afin de refouler la matière et d'empêcher les mèches de se détremper. L'eau est envoyée, sous une pression de 200 kilogrammes, soit par une pompe fixée à la perforatrice, soit par des tuyaux sous pression.

L'affût peut recevoir deux perforatrices, quatre au besoin, indépendantes l'une de l'autre. On peut de la sorte abattre toute une section de souterrain en un petit nombre d'opérations, chaque opération embrassant une surface de 4 mètres sur 2 m. 60, avec une moyenne de seize trous distants de 1 mètre à 1 m. 50, suivant la roche.

La perforatrice Dunand, actionnée à bras, perce en une heure, sur 1 m. 40 à 1 m. 70 de profondeur, suivant la nature de la roche, des trous de 32 à 40 millimètres de diamètre. C'est quatre ou cinq fois le rendement de deux mineurs travaillant à la masse.

Lorsque la perforatrice est actionnée par un moteur, il suffit de 2 à 3 chevaux pour obtenir en roche calcaire un avancement de 0 m. 08 à 0 m. 25 à la minute pour des trous de 32 à 40 millimètres de diamètre. Dans le granit, un moteur de 3 à 4 chevaux permet de perforer 0 m. 05 à la minute, avec de fortes mèches Diamant.

La maison Dunand a construit une cinquantaine de perforatrices de ce type pour les travaux des mines d'or.

Moyens de transports. — Le transport des déblais et des remblais, de tous matériaux de construction, est une des questions principales des entreprises de travaux publics.

Le matériel employé à ces transports doit donc être étudié, construit avec un soin tout particulier.

La Société nouvelle des établissements Decauville aîné, hors concours, présentait une exposition importante du matériel universellement connu sous le nom de matériel Decauville. Cette exposition comprenait des spécimens des divers types de voie en acier rivée sur traverses métalliques, à jonction hybride (c'est-à-dire à éclisses alternées sur chaque tronçon), et des vagonnets et des wagons de tous types, destinés aux terrassements et aux transports de matériaux. Cette exposition montrait que la fabrication reste à la hauteur de la réputation que la maison a dans le monde entier pour cette spécialité.

La maison Weitz de Lyon, à qui le Jury a décerné une médaille d'argent, présentait, elle aussi, une exposition importante de matériel pour travaux publics. Le type de voie adopté ne diffère pas beaucoup de la voie Decauville; cependant on peut signaler, comme particularités de ce matériel, un système de croisement rudimentaire pour voies de chantiers et un type de plaque tournante breveté sur lentilles, qui permet de donner n'importe quelle direction. Parmi les vagonnets exposés, sur châssis

métalliques, on pouvait remarquer un vagonnet basculant, de 3 mètres cubes, employé aux colonies.

Nous signalerons immédiatement ici, bien qu'elle n'ait obtenu qu'une médaille de bronze, la maison Caizergue frères d'Avignon. MM. Caizergue exposaient deux éléments de leur voie portative dite « dissymétrique brevetée », un vagonnet de terrassement basculant des deux côtés, une brouette en bois, ainsi que des modèles réduits de leur voie de 0 m. 60 et d'un wagon à caisse basculante. La particularité la plus intéressante de cette exposition est la voie dissymétrique sans manchons, ni patins, ni éclisses.

Grâce à des traverses rivées en bout et relevées d'un côté, les éléments s'assemblent par simple emboîtement, chaque rail s'emboîtant dans la traverse du rail opposé de l'autre élément; on supprime ainsi le petit matériel et on accelère la rapidité de la pose.

Deux médailles d'argent ont été attribuées à des maisons étrangères, comparables aux maisons françaises que nous venons de citer, la maison Koppel, de Berlin, la maison Canon-Legrand, de Mons.

L'exposition de la maison Koppel comprenait des spécimens de divers types de voie portative en acier, ainsi que des accessoires de la voie (aiguillages, plaques tournantes), et, comme matériel, des modèles de vagonnets et vagons destinés aux terrassements et aux transports de matériaux, dont les types de vagonnets fournis par la maison Koppel pour les travaux du Simplon.

La voie portative offre cette particularité, qu'elle est boulonnée, et non rivée, sur les traverses métalliques. D'autre part, la jonction se fait bout à bout, par emboîtement, grâce à des éclisses cornières de forme spéciale, ce qui supprime le petit matériel et permet une pose très rapide; c'est, sous une autre forme, la réalisation du principe de la voie dissymétrique de MM. Caizergue.

La maison Koppel avait réalisé, dans son exposition de la Classe 28, le modèle d'une installation de chemin de fer électrique avec treuil et poulie automotrice pour des transports de marchandises, comme elle en a établi en divers points, à Zülz en Silésie, etc.

M. Canon-Legrand présentait, à Vincennes, une importante exposition du matériel qu'il construit pour les travaux publics.

Son type de voie portative ne diffère des types habituels que par la hauteur un peu plus grande du rail, ce qui permet de fixer le rail sur la traverse par une attache s'appuyant sur l'âme, sans affaiblir le patin.

A signaler parmi les accessoires de la voie une plaque tournante dont le mouvement de rotation se fait sur quatre petits galets, ce qui dispense de centrer le vagonnet pour le tourner, et un petit transbordeur pour vagonnet.

Comme matériel, l'exposition de M. Canon-Legrand comprenait :

Un vagonnet de terrassement, construit en fer et bois, s'ouvrant en basculant et se refermant automatiquement, avec quatre boutons pour le basculage, traction avec ressorts, frein énergique, la capacité étant de 1 mètre cube 3/4 pour voie de 0 m. 60;

Un type spécial de vagonnet à double caisse pour voie de 0 m. 60; les deux caisses cubent chacune un mètre cube, étant fixées sur le même châssis et basculant séparément pour éviter le renversement;

Enfin des vagonnets à étagères ou pour combustible, etc.

Des médailles de bronze ont été attribuées à deux des collaborateurs de M. Canod Legrand, MM. Helderwert et Truffot.

M. Commergnat (Ambroise-O.), d'Auxerre, qui a obtenu aussi une médaille d'argent, est constructeur de roues, d'essieux, de tombereaux et chariots de toutes sortes et du petit matériel en bois d'entreprise. Il continue l'ancienne maison Chambard, qui a obtenu, en 1889, une médaille d'argent pour son système breveté de roues armées, dont les rais sont en forme de voussoir et solidarisés par l'application de collerettes en acier, réunies par des boulons que l'on peut serrer à volonté pour rattraper le jeu résultant soit de la dessiccation, soit de la compression. L'avantage de ce système sur la roue ordinaire, en dehors d'une plus grande solidité, est d'assurer une plus grande durée, parce qu'il n'y a plus d'infiltration d'eau dans l'enrayage des moyeux; c'est d'ailleurs avec la plus grande facilité que se remplacent les rais cassés.

Les produits exposés par la maison Commergnat dénotent une fabrication très soignée, tenant non seulement à la qualité des bois employés et surtout à leur siccité, mais aussi au zèle des collaborateurs dévoués, dont deux, MM. Brissot et Marchais, ont obtenu une mention honorable.

Une médaille de bronze a été attribuée à MM. Popineau, Vizel fils et Cie, de la Plaine Saint-Denis (Seine), 144, avenue de Paris, qui exposaient :

1° Une locomobile de leur fabrication, type de 5 et 15 chevaux (avec 20 p. 100 d'admission), avec enveloppe de vapeur, réchauffeur d'eau d'alimentation, détente brevetée variable par le régulateur, type qui consomme environ 1 kil. 5 par cheval-heure et pèse 5 tonnes;

2° Une locomotive de chantier pour voie de 0 m. 60, pesant 5 tonnes à vide, d'un type établi en collaboration avec MM. de Marchena et Gigot, ingénieurs, successeurs de M. Ch. Bourdon; le même type pèse 3 tonnes et demie pour voie de 0 m. 50 et 7 tonnes pour voie de 0 m. 75;

3° Des vagonnets de terrassement, qui se distinguent par un basculeur spécial, comportant, au lieu de deux tourillons, une pièce unique en acier coulé, solidement rivée sur la caisse; ce basculeur, qui donne un basculement très doux, permet de poser un verrou de sûreté pour les vagonnets de grande contenance remorqués par locomotive;

4° Une bétonnière horizontale fabriquant le béton sans préparation préalable du mortier, engin dont il a été fait un grand usage dans la construction des nouveaux forts bétonnés et sur les chantiers de l'Exposition.

Grues. — Les travaux publics nécessitent l'emploi d'appareils de levage, dits « grues », auxquels on a donné en ces derniers temps une puissance considérable.

La Grande-Bretagne se distinguait particulièrement par les expositions de MM. Grafton and C°, Jessop and Appleby brothers, de la Temperley Tranporter company, auxquelles le Jury de la Classe 28 a décerné trois médailles d'or.

MM. Grafton and C° exposaient au Champ de Mars, près de la Seine, deux grues locomotives à vapeur, l'une de 7, l'autre de 5 tonnes, à volée variable.

Le rayon de la flèche peut être changé au moyen d'un appareil hélicoïdal et à roues maintenant la flèche dans la position voulue.

L'orientation s'effectue par le moyen d'un mécanisme breveté qui permet de faire tourner la grue dans les deux sens sans renverser le mouvement de la machine à vapeur. Le bâti tournant est supporté par quatre galets placés sur la surface supérieure du cercle de roulement; la résistance causée par le frottement de ce cercle sur son siège est suffisante pour réaliser l'orientation rapide de la grue.

En dehors de cette particularité, il en existe une autre, qui consiste en un indicateur breveté, indiquant la charge que l'on peut lever pour un rayon donné.

La manœuvre de la grue se fait très facilement par un seul homme, qui a constamment la charge en vue, les leviers de manœuvre étant rangés à sa portée.

La grue de 5 tonnes exposée avait travaillé au Champ de Mars pour le compte de MM. Puthet et Claret, concessionnaires de la manutention, qui ont délivré à MM. Grafton un certificat élogieux.

Cette grue a même été utilisée comme locomotive pour la manœuvre des wagons à décharger.

Les établissements Grafton construisent environ 70 grues à vapeur par an, dont la moitié pour l'exportation.

Ils en ont jusqu'à ce jour livré un certain nombre en France.

MM. Jessop and Appleby exposaient une grue roulante de 7 tonnes, qui avait été utilisée pour les manutentions dans la section anglaise.

Ils présentaient, d'autre part, des photographies de leur fabrication qui consiste en grues, engins de levage de toute nature, grues-titans pour les ports, etc.

Si l'engin exposé ne comportait pas de disposition nouvelle, la construction en paraissait du moins très soignée; l'appareil est très robuste, l'accès de tous les organes est facile, et la manœuvre de tous les leviers est commodément installée.

Le Temperley Transporter est un engin d'invention toute récente (1893), destiné au transport des matériaux à distance. Il figurait au Champ de Mars en modèle réduit et, à l'Exposition de Vincennes, sous forme d'un transporteur à 50 mètres de distance.

Les opérations de levage, transport, descente et décharge s'effectuent au moyen d'un câble manœuvré par un moteur et qui actionne une benne par l'intermédiaire d'un chariot mobile roulant, en ligne droite, sur une poutre aérienne qui lui sert de voie.

La benne est reliée au chariot par une poulie mouflée avec un mécanisme spécial assurant le renversement automatique de la benne au moment du relevage.

La benne, une fois chargée et montée à hauteur convenable, le mécanicien du mo-

teur agit sur le câble, et le chariot se déplace le long de la poutre, jusqu'au-dessus du lieu de déchargement. La benne est ensuite descendue, le mécanisme maintenant le chariot en place; aussitôt qu'on le relève, elle se vide, et, après avoir été déchargée, elle reprend automatiquement sa position primitive. Un seul homme (le mécanicien) suffit pour toutes ces manœuvres. Le renversement de la benne peut être obtenu, quel que soit le point qu'elle occupe et sans que la benne doive être d'abord déposée sur le tas.

Le premier transporteur a été construit en 1893 pour accélérer le déchargement des bateaux de charbon, et, de fait, il répondit parfaitement à ce genre d'opérations, le charbon étant automatiquement déchargé à des hauteurs variables à la volonté du mécanicien, sans être brisé.

L'appareil fut adopté par l'amirauté anglaise pour le chargement des cuirassés, et il fut rapidement étendu, à tel point que la flotte anglaise en possède actuellement 250. Une expérience a également été faite dans la flotte française, à l'avantage de cet engin.

Dans le domaine industriel, il en a été fait de nombreuses applications pour toutes sortes de transports à distance, déchargement de bateaux, levage, transport et répartition des marchandises dans les magasins, emmagasinage direct de marchandises prises sur wagon ou chaland, etc.

La disposition de la poutre varie suivant le but à remplir; le plus souvent elle est montée sur pylone, avec faculté d'en faire varier la hauteur; le pylone est d'ailleurs mobile sur rails et porte le moteur.

C'est cette disposition qui était réalisée sur le modèle figurant à l'échelle de 0 m. 083 par mètre à l'Exposition du Champ de Mars. La poutre avait environ 40 mètres de longueur; la portée est de 13 m. 50 d'un côté et de 21 mètres de l'autre. La vitesse d'ascension est de 1 m. 50 par seconde, la vitesse de translation de 3 mètres, et le rendement à l'heure est de 50 tonnes.

La Temperley Transporter Company a construit récemment, pour le compte de la Compagnie des Phosphates et du Chemin de fer de Gafsa, deux engins analogues au modèle exposé, mais plus puissants, destinés à l'emmagasinage et au chargement sur bateau des phosphates. Le rendement garanti pour chaque appareil est de 150 tonnes à l'heure.

Le Jury de la Classe 28 a pu se convaincre, par l'installation faite à Vincennes, du bon fonctionnement du Transporteur Temperley, qui constitue un engin entièrement nouveau, susceptible d'un rendement considérable.

Une médaille de bronze a été attribuée à M. Augé, qui exposait une grue électrique de 1,500 kilogrammes, ayant servi aux manutentions dans l'Exposition.

M. Augé est constructeur de grues, de ponts roulants, de treuils, de bétonnières et de matériel de travaux publics. C'est lui qui a construit, en 1895, le premier bouclier du système employé dans les travaux du collecteur de Clichy extra-muros.

Nous citerons enfin M. de Mocomble, qui est concessionnaire, en France, du sys-

tème anglais Hone breveté de benne dragueuse dentée, à chargement et déchargement automatique.

M. de Mocomble avait exposé un modèle réduit pour en montrer le fonctionnement. D'autre part, une benne de ce système était en service sur une grue à la gare des Invalides.

La benne, ouverte et prête à sa charge, est descendue à la grue dans le charbon par exemple, où elle pénètre par son propre poids. Quand on met la grue au levage, les mâchoires qui constituent la benne se rapprochent et, quand elles sont jointes, la benne est fermée et chargée. Le tout est soulevé à la hauteur convenable. Si on vient ensuite à effectuer la descente, la benne s'ouvre par un mouvement de déclic et se décharge automatiquement.

Il suffit, en somme, d'un mécanicien pour toutes les opérations du chargement, de levage et de déchargement.

Cette benne dragueuse peut être adoptée sans modifications à toute grue. On conçoit dès lors les services qu'elle peut rendre non seulement dans les déchargements de charbon (ce sont les principales applications actuelles), mais aussi dans les dragages, etc.

Sonnettes-sabots pour battage de pieux. — Le Jury de la Classe 28 a retrouvé, dans cette partie du matériel, de l'outillage de travaux publics, deux vieilles maisons françaises bien connues.

La maison Decout-Lacour, de la Rochelle, à laquelle le Jury a attribué une médaille d'argent, exposait une sonnette à vapeur qui reproduit tous les perfectionnements successivement apportés depuis l'invention, par M. Lacour, en 1877, du mouton automoteur, aujourd'hui universellement employé.

La sonnette exposée était installée sur une plaque tournante, avec quatre vérins de calage ou levage aux quatre angles de la plate-forme, un patin avec rail permettant la rotation de la sonnette sur place; le battage des pieux peut se faire en talus, grâce à un mouvement d'oscillation par vis de rappel. Enfin la sonnette se transforme en machine élevatoire pour le montage des matériaux.

La machinerie du treuil à vapeur a été considérablement simplifiée. On a également amélioré le mouton, en modifiant le levier de manœuvre, le robinet, les guides, les oreilles de levage, etc.; la disposition de la partie inférieure empêche la vapeur condensée de tomber sur la tête des pieux.

Enfin la tuyauterie à vapeur a été très améliorée.

Une pareille sonnette donne jusqu'à 35 coups à la minute. Le poids du mouton peut aller jusqu'à 2,000 kilogrammes.

La sonnette Decout-Lacour a été employée dans les travaux de l'Exposition de 1900, avec l'air comprimé ou la vapeur comme moteur, pour la construction des quais et berges de la Seine, des ponts de service, passerelles et échafaudages du montage du pont Alexandre-III, pour les fondations du Vieux-Paris.

La maison Decout-Lacour construit également des treuils à vapeur et des grues.

M. Deligne, de Vernon, qui a obtenu une médaille de bronze, successeur de la maison A. Defontaine, fabrique spécialement le sabot Defontaine, à 4 branches en fer avec culot en fonte. Depuis 1889, il a été apporté dans la fabrication un perfectionnement consistant à rattacher les branches en fer entre elles, sous le culot, au moyen d'un goujon.

La maison Deligne fournit annuellement 170,000 kilogrammes environ de sabots.

Elle fabrique également du petit matériel en fer, des brouettes, des tricycles, des roues métalliques et élastiques pour brouettes en bois. Ces roues sont une spécialité de la maison ; les rais, au lieu d'être normaux à la joue, ont une forme cintrée qui leur donne plus de flexibilité.

A signaler, dans l'exposition de la maison Deligne, une brouette métallique basculant en avant, qui se vend surtout pour amener le charbon devant les générateurs.

Bétonnières. — Nous avons déjà signalé, dans l'exposition de la maison Popineau-Vizet fils et Cie, récompensée d'une médaille de bronze, une bétonnière horizontale fabriquant le béton sans préparation préalable de mortier.

MM. Œhler et Cie, constructeurs de matériel, à Aarau, qui ont obtenu la même récompense, exposaient une machine à fabriquer du mortier ou du béton, de leur invention brevetée en France, qui présente cette particularité, que le mélange des matières peut être déversé du récipient où il a été malaxé sans arrêt du moteur et sans passer par des portes dont le fonctionnement est souvent difficile.

Le système employé peut être ainsi exposé : on verse dans le récipient le sable, puis la chaux ou le ciment; le mélange se fait à sec pendant quelques secondes, au moyen de palettes mues mécaniquement; on ajoute ensuite le gravier, s'il y a lieu, et l'eau. Au bout de quarante à cinquante secondes, le mélange parfait est terminé. On retire alors, au moyen d'un levier, des verrous qui maintenaient en place le récipient, et celui-ci tourne dans le même sens que les palettes; quand son ouverture se présente en dessous, on l'arrête avec un frein; les palettes seules continuent à tourner; la matière mélangée tombe au dehors. Après quoi, on desserre le frein; le récépient revient à sa position première en butant contre les verrous préalablement remis en place.

La manœuvre s'est donc produite sans arrêter la machine. Il suffit d'un homme pour charger le récipient et le vider après mélange, et d'un aide qui prépare les quantités à mélanger.

MM. Œhler exposaient deux modèles : l'un dont la charge est de 50 à 60 litres et la production maximum 2 mètres cubes à l'heure, l'autre qui se dessert au moyen de wagonnets et, avec une charge de 200 litres en moyenne, est indiqué comme produisant de 10 à 12 mètres cubes, suivant la durée attribuée à chaque mélange.

La force absorbée par le grand modèle est de deux à quatre chevaux; pour le petit modèle, il suffit d'un demi à un cheval.

Matériel de voirie. — L'entretien des chaussées, notamment le cylindrage des chaussées macadamisées, l'arrosage des voies publiques, dans les grandes villes tout au moins, exigent des appareils spéciaux, dont la construction a réalisé d'assez grands progrès en ces dernières années.

Une médaille d'or a été attribuée à MM. Wadsworth and son, d'Halifax, qui exposaient des spécimens de matériel de voirie de leur fabrication, parmi lesquels se distinguait un tombereau distributeur de sable, innovation récente.

Dans cet appareil, le sable s'échappe par une ouverture pratiquée dans le sens de la longueur au centre du véhicule, sous lequel circule une large courroie sans fin transportant automatiquement le sable à un disque tournant qui fait l'office de répandeur dans un rayon de 10 à 12 mètres. Le sable est brassé dans le tombereau même, de façon qu'il ne se prenne pas en masse quand il est humide. Une disposition spéciale permet de régler la tension des courroies. Du sable contenu dans des trémies peut être répandu en avant des roues pour les empêcher de patiner en cas de gel.

On a là un engin nouveau qui rendrait — semble-t-il — de grands services pour le sablage des pavages en bois. MM. Wadsworth en ont construit une centaine.

Sur le même principe, ils construisent des tonneaux d'arrosage dont ils présentaient un spécimen, mais, quelque ingénieux que soit le système, la complication qu'il entraîne le met, au point de vue pratique, au-dessous des modèles courants, tels que ceux qui fonctionnent pour le service de la ville de Paris.

MM. Wadsworth exposaient, en outre, une balayeuse à traction de cheval d'un modèle breveté déjà en 1889, qu'ils ont perfectionné dans les dispositions d'embrayage.

A signaler enfin un modèle du tombereau à ordures à 4 roues, employé à Londres, qui présente cette particularité d'être fermé par-dessus et latéralement. Des panneaux glissant le long des parois permettent d'effectuer le chargement par derrière ou sur les côtés; le toit est d'ailleurs conformé de façon à faciliter le renversement des bennes.

Tout ce matériel est parfaitement construit et présente, à cet égard, d'intéressantes dispositions de détail.

Quatre maisons françaises ont bénéficié de médailles d'argent : MM. Arpé frères, Durey-Sohy, Lalis, Lefebvre-Albaret, Laussédat et Cie.

MM. Arpé frères, de Villenoy (Seine-et-Marne), exposaient :

1° Un rouleau compresseur à vapeur de 8 tonnes, avec 1 m. 70 seulement d'empatement, pour chemins de moyenne communication; ce rouleau est à machine à 2 cylindres, avec chaudière démontable et direction sans chaîne (système breveté), se transformant très facilement en machine routière, par substitution des roues;

2° Un rouleau compresseur à chevaux, à 2 disques, tournant sans dételer; la pile du rouleau est formée de deux parties mobiles sur l'essieu et ajustées à frottement doux, tout en laissant à ce dernier la faculté de tourner librement dans les coussinets des chaises-palières, ce qui permet à l'appareil de tourner sur lui-même à la façon

d'une voiture à deux roues. Cette invention de la maison Arpé est ancienne, mais le type exposé comporte des améliorations récentes dans la construction ; il n'y rentre plus de fonte ;

3° Un tonneau d'arrosage à cuve rectangulaire avec pompe aspirante et foulante démontable.

La maison Arpé construit, en dehors des types exposés, des rouleaux compresseurs de toutes dimensions, de 6 à 20 tonnes.

L'importante exposition de M. Durey-Sohy comportait :

1° Une balayeuse du type le plus récent fabriqué pour la ville de Paris et qui réunit toutes les améliorations successivement apportées dans les détails de l'engin, notamment au point de vue de son entretien; la chaîne, en particulier, a été modifiée; le démontage en est plus facile, la suspension du balai est réglable des deux côtés;

2° Les appareils courants d'ébouage des chaussées ;

3° Un tombereau métallique pour transport des boues liquides, qui offre cette particularité d'être très bas, au moyen d'une disposition spéciale de l'essieu, de telle sorte que la hauteur de chargement n'excède pas 1 m. 60;

4° Un tombereau en bois pour l'enlèvement des ordures;

5° Un tonneau d'arrosage de forme méplate du type le plus récent fabriqué pour la ville de Paris, sur ressorts, d'entretien très facile et très économique;

6° Un tonneau plus économique, ancien type de la ville de Paris;

7° Un petit tonneau à bras et les appareils d'arrosage sur roulettes.

Une médaille de bronze a été accordée à M. Pasquet, collaborateur de la maison Durey-Sohy.

La maison Lalis, qui s'est fait une spécialité de tonneaux pour tous usages, présentait à l'Exposition de 1900 un matériel d'arrosage entièrement nouveau.

Depuis 1889, elle construit un type de tonneau d'arrosage muni d'une pompe qui peut prendre de l'eau n'importe où, même dans les fossés garnis de végétation. L'arroseur est disposé de telle façon que l'on peut faire varier la quantité d'eau, ce qui est très utile pour les empierrements.

Dans cet ordre d'idées, la maison Lalis vient de réaliser un nouvel appareil, à débits multiples, qu'elle a présenté au Jury comme une nouveauté très intéressante.

L'appareil d'arrosage, qui est adapté à un tonneau à châssis en fer, comporte quatre orifices, mais il pourrait en être établi pour un plus grand nombre de débits. La boîte de distribution a été perfectionnée comme construction, au point de vue de l'étanchéité. Le serrage de la soupape est réglable à volonté.

La maison Lalis exposait en outre un tonneau d'arrosage mixte, c'est-à-dire portant l'arroseur par tube et l'arroseur circulaire, les deux appareils pouvant fonctionner isolément ou ensemble.

Enfin la maison Lalis vient de créer un nouveau type de pompe indépendante du tonneau et montée sur chariot à 3 roues, qui réalise à volonté soit l'aspiration extérieure et le refoulement dans la tonne, soit l'aspiration dans la tonne et le refoule-

ment extérieur pour l'arrosage à la lance, soit enfin l'aspiration extérieure et le refoulement extérieur pour les épuisements.

MM. Lefebvre-Albaret, Laussédat et Cie (ancienne maison Albaret) avaient exposé :

1° Une locomobile de type récent, perfectionnée comme machine ;

2° Un rouleau à vapeur Laussédat, nouveau type créé par la maison avec de nombreuses améliorations mécaniques, comme tiroirs, commandes, organes de manœuvre; les roues sont en fonte avec bandages en acier séparés de la fonte par une garniture en bois serrée par des coins; l'engin exposé pèse 16 tonnes en charge et couvre 2 m. 15 en largeur;

3° Un rouleau à chevaux de 5,600 tonnes.

MM. Lefebvre-Albaret, Laussédat et Cie exposaient, d'autre part, un modèle du rouleau à vapeur Albaret, qui avait figuré à l'Exposition de 1889.

Une médaille de bronze a été accordée à la maison Salmson et Cie, qui a obtenu en outre une mention honorable pour un collaborateur, M. Hariveau.

MM. Salmson et Cie exposaient un rouleau compresseur à pétrole de 16 tonnes, de leur invention, qu'ils viennent d'expérimenter dans des cylindrages exécutés pour le compte de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, en particulier à la gare de Reuilly.

MM. Salmson et Cie, qui ont de grandes entreprises de cylindrages, ont été frappés des inconvénients inhérents à l'emploi d'une chaudière, et ils ont étudié l'adaptation au rouleau d'un moteur à pétrole, dont la seule caractéristique consiste dans l'addition d'un dispositif spécial pour le démarrage qui, par l'intervention d'air comprimé, s'obtient au moyen de robinets entre les mains du mécanicien.

Une double vitesse permet de faire marcher le rouleau plus ou moins vite, suivant la nature du travail et la pente du chemin à cylindrer.

Le moteur à pétrole ne tournant que dans un sens, la marche en avant ou en arrière est réalisée au moyen de deux arbres tournant en sens inverse, qu'un système spécial d'embrayage permet d'engager à volonté avec le pignon moteur du rouleau.

La force maxima du moteur exposé est de 20 chevaux; sa vitesse est de 180 tours par minute; sa consommation en huile de schiste n'atteint pas un demi-litre par cheval-heure, ce qui, en tenant compte des économies de toute sorte par rapport au rouleau à vapeur, notamment au point de vue de l'entretien, fait ressortir un prix de revient inférieur de 10 à 15 p. 0/0.

Une des particularités de l'appareil exposé consiste en ce qu'il porte, dans un réservoir, l'approvisionnement nécessaire pour un mois de travail, ce qui lui assure une mobilité complète et un rayon d'action étendu.

ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS.

L'une des parties principales de la Classe 28 était l'exposition de travaux exécutés par les entrepreneurs de travaux publics, qualificatif très général, et d'où devait résulter une grande variété dans les expositions présentées.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Ce sont surtout des entrepreneurs français qui ont exposé leurs travaux, exécutés d'ailleurs non seulement en France, mais dans les pays étrangers les plus divers; nous pensons donc qu'il convient d'examiner tout d'abord les exposants français avant de passer aux exposants étrangers.

Avant, d'ailleurs, de prendre les expositions particulières, nous nous arrêterons à l'exposition faite par le Syndicat professionnel des entrepreneurs de travaux publics de France. Ce syndicat, créé en 1882, et qui compte actuellement environ 300 membres répartis dans tout le territoire français, représente une puissance considérable que les pouvoirs publics doivent tenir en sérieuse considération à tous égards, notamment pour la question si délicate de la réglementation du travail.

Les travaux exécutés depuis la création du Syndicat par les entrepreneurs qui en font partie sont évalués à environ 3 milliards, dont 800 millions à l'étranger.

En *France,* les travaux exécutés comprennent notamment :

L'extension du réseau des chemins de fer d'intérêt général;

La construction des chemins de fer d'intérêt local;

Les travaux d'amélioration des rivières navigables, de canaux préexistants;

La construction de nouveaux canaux de navigation et d'irrigation;

Les travaux d'amélioration, de création des ports français, des ports des colonies françaises et de la Tunisie.

Parmi les travaux exécutés à l'étranger, on peut citer :

En *Angleterre,* les fondations à air comprimé du pont du Forth.

En *Autriche-Hongrie,* les travaux de régularisation du Danube, diverses lignes de chemins de fer.

En *Belgique,* les ports d'Anvers et de Bruges et les forts de la Meuse.

En *Espagne,* les ports de Valence et de Bilbao, les chemins de fer de la vallée de la Morata et de Reus à Samper, de Valladolid à Arriza, etc.; le pont transbordeur de Portugalette.

En *Grèce,* le port de Patras et diverses lignes de chemins de fer.

En *Italie,* le port de Gênes et diverses lignes de chemins de fer.

Dans le *Grand-Duché de Luxembourg,* le pont en maçonnerie sur la Pétrusse.

En *Portugal,* le port de Leixoes, les chemins de fer de Torres-Vedras à Alfarellos, de Lisbonne à Casaës, de Vendas à Santarem, etc.

En *Roumanie,* le port de Galatz, les chemins de fer de Bucarest à Galatz et de Calaraski à Bucarest.

En *Russie,* le chemin de fer de Tiflis à Kars, d'autres lignes de chemins de fer et de nombreuses installations industrielles.

En *Serbie,* les tramways électriques de Belgrade et d'importants travaux de voirie.

En *Turquie d'Europe* et *Asie,* les ports de Beyrouth et de Salonique, les chemins de fer de la Roumélie orientale, de Beyrouth à Damas, de Mersine-Tarsus et Adana.

En *Abyssinie,* le chemin de fer de Djibouti au Harrar.

En *Égypte,* les travaux d'entretien du canal de Suez.

En *Colombie,* les travaux du canal interocéanique.

En *Mexique,* le port de la Vera-Cruz et les importants travaux d'assainissement de la ville de Mexico.

Deux des maisons françaises exposantes présentent un caractère particulier qui nous conduit à les sortir du Groupe général des Entreprises de travaux publics; ces maisons s'occupent, en effet, principalement des constructions métallurgiques en laissant généralement à des entrepreneurs de travaux publics proprement dits l'exécution des terrassements, des maçonneries que comporte l'exécution des ouvrages auxquels elles prennent part.

L'une de ces maisons était hors concours par suite de la présence dans le Jury de la Classe 28 de son ingénieur-directeur; la deuxième a obtenu dans notre classe un grand prix, auquel elle en a ajouté d'autres recueillis non moins justement dans diverses classes où elle exposait également.

La Société de construction de Levallois-Perret (anciens établissements Eiffel) exposait des aquarelles, photographies et dessins relatifs à l'organisation des travaux pour des ouvrages importants par elle établis depuis 1889 ou actuellement en cours d'exécution. Ce sont :

1° Le viaduc de l'Oise, à Conflans-Sainte-Honorine, sur la ligne d'Argenteuil à Mantes (Ouest), à deux voies, de 206 mètres de longueur, franchissant l'Oise par une seule travée de 90 mètres d'ouverture; le montage de cette travée a été fait sur un échafaudage très robuste laissant trois passes navigables.

2° Le pont sur le Nil, à Neg-Abou-Hamadi (Haute-Égypte), dont la Société de Levallois a eu l'entreprise générale. Cet ouvrage, qui a 405 mètres de longueur, se décompose en trois parties : un tablier fixe comportant cinq travées de 55 mètres, une travée tournante à deux volées, enfin une travée de rive fixe. Les fondations des sept piles ont été descendues jusqu'à 27 mètres et le montage du tablier continu a été fait en porte-à-faux d'une pile à l'autre, et les travées indépendantes ont été montées sur échafaudages en bois avec passes marinières en fer.

3° Au Soudan, le pont de Mahinody, sur le Bafing, de 400 mètres de longueur, divisé en 16 travées de 25 mètres, dont le montage se faisait, sur la rive, par série de 3 travées, amenées en place par lançage.

4° A Madagascar, l'appontement de Tamatave, actuellement en cours d'exécution, qui doit s'étendre jusqu'à 300 mètres en mer; un dessin représente une ligne roulante servant au vissage des pieux et au montage de l'appontement.

La Société de Levallois-Perret a exécuté depuis 1889 un grand nombre d'autres travaux en France, aux colonies et à l'étranger, dont les principaux sont :

Fondations et maçonneries du pont-canal de Briare;

Entreprise générale du pont de la Porte de France, sur l'Isère, à Grenoble;

Entreprise générale du viaduc de Saint-Pierre-du-Vauvray, sur la Seine (ligne de Louviers aux Andelys, Ouest);

Ouvrages métalliques de la ligne des Invalides aux Moulineaux (Ouest), dont le viaduc de Passy, qui franchit le bras navigable de la Seine sur un tablier métallique suspendu, a deux arcs de 85 m. 70 de portée et de 13 m. 25 de flèche.

Enfin, dans le périmètre de l'Exposition, la Société de Levallois a construit les travées métalliques de la plate-forme mobile et les palées métalliques du chemin de fer électrique.

La Société des constructions de Levallois-Perret a obtenu une médaille d'argent et deux médailles de bronze pour trois de ses principaux collaborateurs, MM. Reich, Marceau et Wankerword.

MM. Daydé et Pillé exposaient, dans la Classe 28, des dessins des appareils et engins les plus intéressants qu'ils ont construits dans ces dernières années pour les grandes entreprises dont ils ont été chargés, savoir :

Un lève-blocs bardeur et un bateau pour blocs artificiels de 100 tonnes, engins employés dans la construction du port de Cherbourg;

Une grue flottante de 40 tonnes et un lève-blocs pour le port de Constantza;

Un titan de 40 tonnes pour le port de Valence;

Une drague de 160 chevaux pour une profondeur de 10 mètres, destinée à la Gironde.

MM. Daydé et Pillé ont exécuté, de 1894 à 1896, les importants travaux de l'appontement de Pauillac, sur fondations à l'air comprimé. Le tablier métallique constituant l'appontement repose, d'une part, sur des palées principales composées de deux piles en maçonnerie et d'une colonne intermédiaire en fonte remplie de béton reliée aux piles; d'autre part, sur des palées intermédiaires composées de trois colonnes en fonte remplies de béton contreventées entre elles. La grosse difficulté fut d'exécuter les fondations dans un courant atteignant 5 à 6 nœuds dans les marées de vives-eaux; on se servit, pour le fonçage des caissons, de batardeaux mobiles d'environ 50 tonnes, permettant l'exécution des maçonneries des massifs des piles, et d'échafaudages flottants destinés soit à la manœuvre des batardeaux et au guidage pendant la première partie du fonçage, soit à l'achèvement du fonçage et à l'exécution des maçonneries en élévation. Enfin, pour l'échouage et l'implantation des colonnes en fonte également fondées à l'air comprimé, MM. Daydé et Pillé imaginèrent une ingénieuse solution consistant à profiter des piles en maçonnerie construites, en reliant les deux piles d'une même palée transversale par des poutres métalliques jumelées et en jetant sur ces poutres un pont métallique franchissant l'espace compris entre deux palées voisines (environ 40 mètres) et disposé de façon à pouvoir être déplacé avec facilité, soit transversalement, soit longitudinalement); c'est grâce à ce pont de service que l'on réussit à implanter les colonnes aux points précis qu'elles devaient occuper.

MM. Daydé et Pillé ont construit, en huit mois, au Dahomey, l'appontement de Kotonou, sur pieux à vis.

Ils ont, en outre, à leur actif, le pont de la rue de Tolbiac, au-dessus du chemin de fer d'Orléans; le pont Mirabeau, le hall de la gare Saint-Jean, à Bordeaux.

Enfin ils étaient représentés, à l'Exposition, par de très importants ouvrages, savoir :

La charpente métallique du Grand Palais des Beaux-Arts, dont le montage a été exécuté au moyen d'une grue spéciale de très grande portée;

Le palais du Génie civil;

La passerelle du palais des Armées.

Quelques-uns des collaborateurs de MM. Daydé et Pillé ont reçu des récompenses justement proposées par leurs patrons : MM. Cazeau, ingénieur, et Rabier, chef de chantier, des médailles d'or; M. Daveux, une médaille d'argent; MM. Daveux (Antoine et Joseph), des médailles de bronze.

Nous rattacherons à ces deux maisons la Société anonyme des usines de Braine-le-Comte (Belgique), qui exposait des reproductions photographiques de constructions diverses, étudiées et exécutées à Braine-le-Comte : ponts, charpentes, bâtiments métalliques, châteaux d'eau, grues, wagons pour terrassements et travaux publics, wagons à marchandises, à transport des liquides, voitures de chemins de fer et tramways, etc. L'importance et la variété des travaux exposés par cette Société lui ont fait attribuer une médaille d'or accompagnée de deux médailles de collaborateurs, dont l'une en or pour le directeur, M. Brouhon, et l'autre en bronze pour un de ses ingénieurs, M. Wilhe.

Arrive alors un groupe compact d'entrepreneurs de travaux publics proprement dits, entre lesquels il était fort difficile d'établir des différences, qui, sans doute, méritaient tous les premières récompenses; nous les examinerons successivement dans chaque catégorie de grand prix, médailles d'or, d'argent, par ordre alphabétique.

Quatre grands prix ont été décernés à M. Chagnaud (Léon), à MM. Coiseau, Couvreux et Allard, à MM. Fougerolle frères, à MM. Hersent et fils.

M. Chagnaud avait exposé en sous-sol un bouclier de son système breveté qu'il a employé pour la première fois dans les travaux du collecteur de Clichy *extra-muros*. C'est lui qui paraît bien être l'inventeur du bouclier permettant de construire souterrainement un ouvrage avec revêtement maçonné, au lieu d'un revêtement en fonte. Son brevet date du 8 avril 1895.

Antérieurement, M. Berlier avait construit le siphon de Clichy en appliquant le bouclier imaginé en Angleterre par Brunel et comportant un revêtement formé d'anneaux métalliques.

M. Chagnaud transforma cette idée pour le collecteur de Clichy, le programme tracé comportant l'obligation d'exécuter les travaux entièrement en souterrain. Le 25 avril 1895, il était déclaré adjudicataire du lot *extra-muros* sur le vu du système qu'il venait de faire breveter, et, dès le mois de mai, les travaux étaient entrepris.

Quelque temps après, le 19 octobre 1895, le lot *intra-muros* fut adjugé à M. Fougerolle, qui étudia alors une modification du bouclier d'avancement qu'il fit breveter le 7 mars 1896.

Dans le système Chagnaud, le bouclier, uniquement employé pour la construction de la voûte, s'avance en se reposant sur les piédroits en maçonnerie construits en maçonnerie, tandis, que dans le système Fougerolle, tout le revêtement maçonné s'exécute à l'abri de l'appareil.

L'exposition de M. Chagnaud reproduit de la façon la plus fidèle et la plus intéressante l'organisation d'un chantier de bouclier dans ses cinq phases :

1° Au pied de l'escalier souterrain, on trouve le chantier d'une des galeries d'avancement destinées à la construction des piédroits.

2° La deuxième phase est la construction des piédroits sur lesquels le bouclier prend appui.

3° On trouve ensuite le bouclier lui-même avec ses vérins et les pompes de compression actionnées par une dynamo (la machinerie exposée fait fonctionner cinq vérins). Le public était admis à monter sur le stross où se trouve posée la voie d'approvisionnement du chantier de maçonnerie. En contre-bas et de chaque côté du stross se trouve une voie pour l'évacuation des déblais. En arrière sont installés, à 1 m. 20 les uns des autres, les cintres en fer servant à la confection de la voûte, que l'on établit en laissant au-dessus un vide que l'on bouche au fur et à mesure que le bouclier s'avance. L'avancement est réglé par le manche des chantiers des piédroits.

4° La quatrième phase est l'enlèvement des déblais des stross.

5° Enfin, tout en arrière, on aperçoit une amorce du radier qui correspond à la cinquième phase.

En dehors de cette fort intéressante reproduction de la réalité, M. Chagnaud exposait un grand nombre de dessins et photographies se rapportant à la construction du collecteur de Clichy *extra-muros* et aux travaux plus récents du prolongement de la ligne d'Orléans au quai d'Orsay, exécutés au moyen de son système de bou lier.

Il a produit également des documents relatifs aux travaux qu'il a récemment exécutés pour la ligne de Courcelles au Champ de Mars (Compagnie de l'Ouest). A signaler, en particulier, en ce qui concerne le viaduc sur la Seine, une passerelle de service qui a servi au transport des déblais de la ligne et à la construction de l'ouvrage; cette passerelle était composée d'une succession de travées identiques avec poutres en bois de forme triangulaire, laissant un très large débouché à la navigation. Un des collaborateurs de M. Chagnaud, M. Petit, a obtenu une médaille de bronze, un autre, M. Mosnier, une mention honorable.

MM. Coiseau (Louis), Couvreux (Abel) fils et Allard (Félix) présentaient de très intéressantes reproductions de leurs chantiers du port de Bilbao. Les travaux exécutés dans le port extérieur comportent la construction de deux jetées, la jetée brise-lames de Santura et le contre-môle d'Algosta.

La jetée de Santura, qui est dirigée normalement aux vents les plus mauvais (N. O.), a été enlevée pendant la période d'exécution, et il a fallu la reconstruire. On s'est mis à l'abri de la première construction, en élargissant le massif des enrochements de fondation jusqu'à lui donner environ 120 mètres d'empatement. Du côté intérieur s'élève

la nouvelle jetée dont le corps est constitué par des caissons qui, une fois mis en place, reçoivent des blocs artificiels de 50 à 60 mètres cubes.

Ces caissons cubent 637 mètres. Ils sont protégés par des blocs artificiels de 30 mètres cubes formant brise-lames.

Au-dessus des caissons, le corps de la jetée est formé en parements par des blocs de 30 mètres cubes, dont l'intervalle est rempli de béton.

Quant au contre-môle d'Algosta, qui n'est pas dans une direction aussi défavorable, il comporte, au-dessus d'une première fondation d'enrochements, deux massifs de blocs artificiels de 100 tonnes, dont l'intervalle est rempli par des sacs de béton de 17 tonnes. Au-dessus de cette double fondation s'élève le corps même de la jetée, qui est en béton coulé entre deux parements maçonnés.

La partie la plus intéressante de ces importants travaux, en ce qui concerne la Classe 28, réside dans le matériel employé pour la manutention et la mise en place des blocs artificiels pesant jusqu'à 100 tonnes. Tout ce matériel est électrique; les études en ont été faites sous la direction de M. Coiseau, qui s'est acquis dans cette matière une véritable spécialité, par un de ses collaborateurs, M. Henry, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil, auquel le Jury a décerné une médaille d'or de collaborateur.

Des dessins montrent le chantier de construction des blocs en béton de ciment, chantier qui se trouve sur la terre ferme. Les blocs sont manutentionnés par des bardeurs, transportés sur trucks et chargés sur bateau par des transbordeurs.

La mise en place des blocs s'opère au moyen de grues-titans. L'ancien type était à vapeur, la poutre horizontale était à la partie supérieure de l'engin. La poutre du nouveau type est à la partie inférieure avec des contreventements la rattachant à l'axe vertical; la portée est de 50 mètres, et une machinerie électrique complète permet d'effectuer, outre les opérations de manutention, le déplacement du titan sur la jetée.

Enfin, pour compléter cette énumération, une bétonnière tournant électriquement fournit sur place le béton de remplissage du contre-môle.

Un second collaborateur de MM. Coiseau, Couvreux et Allard, M. Lanerre, a obtenu une médaille d'argent.

MM. Fougerolle frères ont avant tout à leur actif une variante de bouclier avec revêtement maçonné du système Chagnaud, variante qu'ils ont fait breveter le 19 octobre 1895, pour l'appliquer aux travaux du collecteur de Clichy *intra-muros* entrepris en mai 1896.

Au lieu de ne se servir du bouclier que pour la construction de la voûte, MM. Fougerolle ont eu l'idée de donner à leur bouclier la forme circulaire et de construire tout le revêtement à l'abri de l'appareil. La difficulté était de combiner les diverses dispositions de l'appareil et du chantier pour que l'extraction et l'évacuation des déblais, d'un côté, la construction du revêtement en maçonnerie et l'amenée des matériaux, de l'autre côté, opérations forcément solidaires les unes des autres, pussent s'effectuer simultanément et dans le même temps, sans se gêner mutuellement.

MM. Fougerolle ont résolu le problème, ainsi que le montrait un dessin exposé, au moyen d'un arrière-bec permettant de construire à son abri le revêtement complet sur la longueur de trois anneaux de 0 m. 60 chacun, correspondant respectivement à la voûte, aux piédroits et au radier.

L'expérience fut concluante, car le bouclier traversa avec succès des terrains très durs, tels que la roche, des terrains détrempés et des sables éboulieux avec un égal succès, et l'on maintint constamment une vitesse moyenne de 3 m. 20 par vingt-quatre heures, vitesse qui s'éleva jusqu'à 5 m. 40 lorsque le travail s'y prêtait.

C'est ainsi que les ingénieurs de la Ville de Paris ont pu dire qu'en passant du 1er au 2e lot du collecteur de Clichy, la méthode avait déjà subi une transformation constituant un progrès sensible. « Au lieu d'une exécution fractionnée en deux périodes distinctes, avec toutes les sujétions d'une reprise en sous-œuvre, on est arrivé à opérer sur la section entière; et en même temps les manœuvres se sont simplifiées par la suppression des semelles en bois, des rouleaux en fonte sur lesquels portaient les retombées de la première armature métallique. »

Dans un autre ordre d'idées, MM. Fougerolle exposaient des dessins relatifs à des organisations intéressantes de chantiers pour divers travaux qu'ils ont exécutés ou qu'ils exécutent en ce moment.

Sur la ligne de Tournemire au Vigan (Midi), ils ont eu à construire le viaduc du Cailaret, de 9 arches de 18 mètres d'ouverture et de 50 mètres de hauteur, et ils ont fait usage pour cela d'un pont de service établi sur le côté, qu'ils montaient par étages successifs. A signaler aussi une installation de câbles automoteurs aériens pour la descente d'une carrière.

Pour la mise à double voie de la ligne de Culoz à Aix-les-Bains, MM. Fougerolle élargissent actuellement trois souterrains d'une longueur totale de 2 kilomètres, dans les rochers, au moyen d'échafaudages roulants de 8 mètres de longueur, encadrant la forme du gabarit, qui, placés bout à bout par quatre, constituent un souterrain artificiel au travers duquel s'effectue en toute sécurité une circulation considérable de trains. D'autres échafaudages, également roulants, sont disposés à l'arrière pour la construction du revêtement en maçonnerie.

Enfin MM. Fougerolle exposaient un dessin du pont de service qu'ils viennent d'établir à Luxembourg pour la construction d'un pont monumental sur la vallée de la Pétrusse, qui est l'œuvre de M. Séjourné, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Cet ouvrage présente l'intéressante particularité d'être constitué par deux ponts de 6 mètres de largeur, séparés par un vide de 6 mètres couvert par une dalle de béton armé, de sorte que la chaussée et les trottoirs forment une largeur totale de 18 mètres.

Pour la construction de la grande arche, M. Séjourné a projeté un cintre retroussé armé par des câbles. Ce cintre doit, après la construction de la première voûte, être déplacé de 12 mètres pour servir à la construction de la deuxième voûte.

La difficulté, pour MM. Fougerolle, consistait à trouver une installation facilitant

le montage du cintre retroussé, répondant aux conditions d'approvisionnement qui résultent du fait que la grande voûte doit être maçonnée simultanément sur tout son pourtour, et enfin pouvant se déplacer économiquement pour la construction de la deuxième grande voûte.

MM. Fougerolle ont résolu la difficulté en établissant un pont de service en bois, formé par des pylônes espacés de 30 mètres, sur lesquels vient reposer une poutre américaine de 3 mètres de hauteur. Ce pont de service, qui a 7 mètres de largeur, vient d'être établi exactement au-dessus de la première grande voûte qu'il encadre; il doit servir d'abord à mettre le cintre retroussé en place, ensuite à approvisionner le chantier de construction de la voûte.

La première voûte achevée, on déplacera le pont de service, en faisant reposer la poutre américaine sur cette voûte, on démontera ensuite les pylônes et le cintre, et sur les pylônes reconstruits on amènera la poutre américaine pour la construction de la deuxième grande voûte.

C'est un procédé très ingénieux et très économique.

MM. H. Hersent et fils avaient fait une très intéressante exposition de dessins, photographies et plans en relief se rapportant à des travaux qu'ils ont exécutés depuis 1889 dans les ports de Dunkerque, de Bordeaux, Toulon, Lisbonne, et de ceux qui sont en cours d'exécution dans les ports d'Anvers, Dakar, Bizerte, Sidi-Abdallah.

A Dunkerque, ils ont construit 1,000 mètres de murs de quai à l'air comprimé.

A Toulon, MM. Hersent ont construit le bassin de radoub n° 3 de Missiessy, au moyen d'un caisson de 6,500 mètres de surface. Des photographies montraient le caisson flottant en lestage et les installations du chantier de construction des maçonneries.

Pour Lisbonne, un plan en relief montrait l'ensemble des travaux exécutés par MM. Hersent, qui comprennent notamment 11 kilomètres de murs de quai ou de bassin, un bassin à flot, deux bassins de radoub, l'un de 180 mètres sur 25 mètres, l'autre de 100 mètres sur 15 mètres et tout l'outillage d'exploitation.

Les murs de quai sont composés, à la partie inférieure, de piliers espacés entre eux de 8 à 10 mètres et réunis par des linteaux qui forment un mur continu au-dessus du niveau de la basse mer, les piliers étant arrosés à 2 mètres au-dessous. Ce procédé a été appliqué pour la première fois, par MM. Hersent, à Lisbonne.

Les espaces vides entre les piliers et les linteaux sont remplis jusqu'au-dessus de la basse mer par des enrochements, mis en place au moyen de bâteaux à clapets; c'est sur ces massifs d'enrochements que s'appuient les remblais de la plate-forme en arrière des murs.

Les fondations des quais ont été faites soit à l'air comprimé, soit sur enrochements. Des photographies montraient les échafaudages de fonçage des caissons, composés de deux bâteaux réunis ensemble et qu'on pouvait rendre libres d'un bout, de manière à sortir l'échafaudage en arrière pendant les gros temps, en laissant la pile à sa place. Ces échafaudages portaient une locomobile de 20 chevaux commandant un broyeur, un compresseur d'air, deux monte-charges, l'un pour les matériaux, l'autre pour les

déblais, enfin une pompe à vapeur destinée à vider les compartiments de déboulonnage et aussi à effectuer les épuisements nécessaires.

Une mâture flottante de 50 tonnes opérait le levage des bâtardeaux pour leur mise en place.

Les linteaux étaient construits dans des caisses métalliques ayant comme longueur l'écartement d'axe en axe des piles et que l'on remorquait et échouait en faisant reposer chaque extrémité sur la moitié d'une pile. Les caisses étaient réunies entre elles par des joints en béton.

La supériorité de ce système de construction sur tous ceux précédemment employés se trouve justifiée par le prix du mètre courant de quai, généralement inférieur à celui des autres procédés pour des fondations de 10 à 20 mètres.

Le même système a été appliqué à Bordeaux pour les murs de quai construits par MM. Hersent, mais avec cette différence que les piliers ont été arrêtés au-dessus des basses eaux et réunis par des voûtes en maçonnerie. En arrière des voûtes, on a construit sur fondations d'enrochements des contre-murs séparés les uns des autres, pouvant se tasser sans rupture, pour maintenir le remblai.

Parmi les travaux actuellement en cours, les plus intéressants sont ceux que MM. Hersent exécutent à Anvers pour construction de 2,000 mètres de quais sur la rive droite de l'Escaut, en amont des murs existants.

Ces travaux ont été adjugés à MM. Hersent à la suite d'un concours auquel ils avaient présenté des propositions basées soit sur la construction d'un mur de quai avec fondation continue, soit sur la construction d'un mur de quai fondé sur piliers réunis par des linteaux (type de Lisbonne) ou par des voûtes apparentes (type de Bordeaux). La commission du concours retint le type de mur à base continue, fondé à l'air comprimé, à peu près semblable aux murs construits quinze ans auparavant.

Une modification dans le profil primitivement adopté fut introduite à la suite de glissements qui se produisirent alors que 500 mètres de quais étaient faits. Pour augmenter l'empatement, MM. Hersent proposèrent une forme spéciale de caisson à bec avec fond incliné, tendant à résister au glissement. D'autre part, on adopta une disposition spéciale de fascinage et de murs à pierres sèches dans le but de réduire la poussée contre le mur de quai.

Des dessins sont exposés qui montrent les échafaudages de mise en place des caissons et les installations de fonçage.

MM. Hersent exposaient enfin des dessins indiquant les travaux maritimes qu'ils exécutent dans les ports de Dakar, de Bizerte et de Sidi-Abdallah. Ce sont surtout des travaux de jetées et de bassins de radoub.

MM. Hersent ont obtenu de nombreuses récompenses pour les collaborateurs distingués qu'ils ont su s'attacher : une médaille d'or pour M. Maury, des médailles d'argent pour MM. Douau, Leclerc, Hausermann, Odent, Pagnard, Strauss.

Quatre médailles d'or ont été décernées à M. Allard (Joseph), à MM. Audbert et Alméras, à M. Landry, à MM. Richard et Varigard.

M. Allard (Joseph) exposait des aquarelles des travaux de construction de la ligne de Morbier à Morez (Jura), de la Compagnie des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, ligne qui a été ouverte à l'exploitation en juin 1900.

Ce tronçon de 4,600 mètres comporte des travaux fort intéressants, dont les principaux sont :

1° Le viaduc des Crottes, de 10 arches, en courbe de 200 mètres de rayon, dont la construction, en raison de sa situation contre un rocher à pic, a offert de grandes difficultés. L'une des aquarelles montrait l'organisation des chantiers, au moyen de câbles transporteurs aériens et de bennes actionnées par une locomobile; pour édifier la maçonnerie dans les fondations descendues à 28 mètres de profondeur, on faisait usage d'un câble desservant deux piles; d'autre part, pour élever les piles, un câble soutenu par deux pylônes était tendu suivant la longueur du viaduc;

2° Un souterrain de 1,000 mètres de longueur, formant une boucle complète de 250 mètres de rayon;

3° Le viaduc de l'Evalude, de 8 arches, dont le chantier de construction était représenté sur l'une des aquarelles.

Parmi les autres grands travaux exécutés récemment par M. Allard, il y a à citer la moitié, côté Belleroche, du souterrain des Écharmeaux, ligne de Lozanne à Paray-le-Monial (P.-L.-M.). La longueur, de 2,100 mètres, a été exécutée de 1892 à 1895, avec perforation à l'air comprimé, suivant une marche moyenne de 4 mètres d'avancement par jour en grande section et dans des porphyres.

Une médaille d'or a été décernée à M. Allard, à l'exposition d'Anvers, pour ses travaux du canal de Tancarville, où l'on vit les premiers transporteurs, et pour ses travaux du souterrain des Écharmeaux.

Les deux bas-reliefs exposés par MM. Audbert et Alméras représentaient la façade et la coupe du principal ouvrage compris dans le grand travail que ces entrepreneurs viennent d'exécuter en amont de la ville de Lyon, pour la dérivation éclusée de Jonage, concédée à la Société lyonnaise des forces motrices du Rhône par la loi du 9 juillet 1892, dérivation qui a pour objet principal la production d'une force motrice de 20,000 chevaux à utiliser à Lyon en force électrique et en éclairage. Le volume d'eau, d'environ 150 mètres cubes par seconde, emprunté au Rhône pour créer cette force motrice, aurait nui à la navigation dans la saison des basses eaux; pour cette raison, le canal, qui a une longueur totale de 18 kil. 750 m., a dû être établi navigable.

La Société des forces motrices du Rhône a confié à MM. Audbert et Alméras l'exécution des travaux du deuxième lot, le plus important, comprenant le canal d'amenée sur 5 kil. 250 m., le canal de fuite, l'usine-barrage de Cusset que représentaient les deux bas-reliefs exposés, l'écluse double, quatre grands ponts et divers ouvrages secondaires.

Les terrassements ont dépassé 3 millions de mètres cubes et les maçonneries 230,000 mètres cubes. Il a été fait usage d'excavateurs Couvreux, de dragues et de tout un matériel considérable de transports.

L'usine-barrage a été fondée, sous 8 mètres d'eau, sur un radier de béton de 3 mètres d'épaisseur. Tous les travaux terminés, un premier essai de mise en eau fit découvrir que, sous la pression de 12 mètres d'eau, des infiltrations se produisaient sous la fondation du barrage. Craignant que des voies d'eau trop considérables ne vinssent compromettre la fondation de l'usine-barrage, on décida de bétonner le lit du canal sur 500 mètres de longueur en amont de l'usine et d'établir en aval, à 4 mètres de la fondation de l'ouvrage, un garde-radier descendant beaucoup plus bas que la première fondation. Ce garde-radier, de 4 mètres de largeur, fut exécuté à l'air comprimé au moyen de caissons perdus de 20 mètres de longueur, qui furent descendus à 9 mètres au-dessous de l'ancienne fondation.

C'est là une des particularités les plus intéressantes des importants travaux exécutés à Jonage par MM. Audbert et Alméras.

M. Landry (Louis-P.) exposait divers dessins concernant l'outillage qu'il a créé pour la reconstruction et les réparations des souterrains et ouvrages d'art établis sur la ligne de Paris au Havre, dans ces quinze dernières années.

M. Landry s'est créé une spécialité de ces travaux difficiles à exécuter au milieu des sujétions de l'exploitation.

Il est titulaire d'un brevet d'invention pour un système de planches en voussoirs creux de ciment, plâtre ou terre cuite, supprimant les inconvénients du mode actuel de construction des planchers. Un modèle réduit fait partie des documents exposés.

Il est également breveté pour un système de revêtement destiné à préserver les poutres métalliques contre la fumée des locomotives et qui est appliqué sur le chemin de fer de ceinture.

Enfin M. Landry complétait son exposition par la maquette d'un pont monumental étudié pour le pont Alexandre-III; sa particularité réside dans la surélévation des trottoirs par rapport à la chaussée.

MM. Richard et Varigard exposaient des dessins et photographies relatifs aux travaux les plus récents exécutés par eux dans ces dernières années, dont les plus importants sont :

Construction d'un pont sur la Marne, à Mary, sous la ligne de Trilport à la Ferté-Milon;

Élargissement, pour trois voies en plus, d'un pont sur la Meuse, à la sortie de la gare de Neufchâteau;

Construction d'un pont sur l'Arconce et percement du souterrain du Breuil, pour la ligne de Lozanne à Paray-le-Monial (P.-L.-M.); le souterrain du Breuil (430 mètres), percé dans des argiles très fluides, a donné lieu aux plus grandes difficultés; on a dû établir des boisages considérables et on a épuisé jusqu'à 500 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Une médaille d'argent a été accordée à MM. Lapeyre et Forot, qui exposaient les projets et dessins d'exécution du chemin de fer de la Valsugana qu'ils ont exécutés de Trente à Tezze (Tyrol méridional).

Cette ligne, de 65 kilomètres de longueur, est des plus accidentées et comporte un grand nombre d'ouvrages d'art.

L'ouvrage le plus important est le viaduc de Trente, qui traverse la vallée de l'Adige, dans toute sa largeur, par quatre courbes accouplées en double S, de 200 à 250 mètres de rayon, avec des rampes variant entre 16 et 20 millimètres. Son développement total est de 1,500 mètres, divisés en deux parties par un remblai de 180 mètres de longueur. Sa hauteur varie de 7 à 15 mètres.

Les travaux, montant à environ 16 millions, ont été exécutés en deux années, dans un pays dénué de toute ressource, tant en main-d'œuvre qu'en matériaux, et malgré deux hivers très rigoureux.

Les entrepreneurs ont fait eux-mêmes tous les projets et études d'ensemble et de détails, ainsi que les tracés, piquetages et acquisitions de terrain.

Bien que le premier nom de la firme soit celui d'un entrepreneur français déjà nommé comme titulaire d'un grand prix, c'est à la Belgique que revient l'exposition de MM. Coiseau et Cousin, exposition hors concours, par suite de la présence dans le Jury de M. Cousin comme délégué du Gouvernement belge.

MM. Coiseau et Cousin, concessionnaires des ports et du canal maritime de Bruges, ont présenté une très intéressante collection de modèles et de documents relatifs aux travaux dont ils viennent d'entreprendre l'exécution.

Le canal maritime doit avoir 10 kilomètres de longueur; son entrée du côté de la mer sera protégée par une jetée de 2,300 mètres de longueur et commandée par une écluse de 256 mètres de longueur, de 20 mètres de largeur et de 9 mètres de tirant d'eau.

Tout ce qui concerne le projet même relève de la Classe 29, mais, dans la Classe 28, MM. Coiseau et Cousin ont su présenter d'une façon très complète leurs procédés d'exécution.

Une maquette montrait le système adopté pour construire la base de la jetée en pleine mer. Jusqu'au niveau de la marée basse, la jetée est constituée par des caissons en béton armé, qui sont remplis de béton après échouage et forment ainsi des monolithes de 3,000 à 4,500 tonnes. C'est un procédé tout nouveau.

Au-dessus du niveau de la marée basse, le corps de la jetée est constitué par des blocs artificiels de 55 tonnes.

Une partie de la jetée est établie à claire-voie, avec des pieux en acier.

Des photographies montrent les installations adoptées pour construire économiquement et rapidement les caissons de fondation.

Deux ponts roulants, de 70 mètres de portée, sont établis au-dessus du bassin où les caissons sont construits. Le premier sert au montage de la partie métallique, un chariot roulant amenant tous les fers exactement à leur place. Le deuxième pont sert au bétonnage; il porte des voies pour des wagonnets qui amènent le béton fabriqué par des bétonnières mues électriquement.

Un troisième pont roulant porte deux grues électriques qui placent et déplacent les moules.

Pour remplir les caissons en mer, il est fait usage d'une grue-titan et d'une bigue flottante, que l'on voit en fonctionnement sur des aquarelles. La grue-titan peut porter à 50 mètres les bennes, pesant 28 tonnes, qui servent au remplissage des caissons.

Cette même grue, pouvant porter 55 tonnes à 25 mètres, sert à la mise en place des blocs artificiels formant le corps de la jetée.

La bigue flottante a également une puissance de 55 tonnes.

On voit d'autre part, parmi les documents exposés, un bardeur de 55 tonnes installé au parc de moulage des blocs, qui sert à les charger sur truck.

Tout ce matériel est mu par l'électricité.

Les travaux sont actuellement en pleine activité, et le succès qui a couronné la pose des premiers caissons est de nature à justifier les résultats que MM. Coiseau et Cousin attendent de la nouvelle méthode qu'ils ont imaginée.

Deux de leurs collaborateurs ont reçu, l'un, M. Springael, une médaille d'argent, le second, M. Piteux, une médaille de bronze.

Une médaille de bronze a été attribuée à M. Könyves Toth (Michel), à Budapest, qui a produit, sous forme de dessins et de photographies, de nombreux documents relatifs à la ligne du chemin de fer de Marosludas à Beszterce, dont il a dressé le projet et qui vient d'être terminée.

La construction de cette ligne a nécessité de nombreux travaux de souterrain et d'assainissement. M. Könyves produisait, en particulier, une vue générale des travaux d'assainissement exécutés au point de partage des eaux, à Budatelke.

A titre rétrospectif, M. Könyves exposait une intéressante collection de dessins relatifs à des souterrains qu'il a construits de 1875 à 1884, dans les terrains les plus difficiles. On y voyait, pour les argiles, divers systèmes de boisage renforcé, se rattachant aux procédés habituels, et qui témoignent d'une grande pratique dans ce genre de travaux.

L'exposition de la Mississipi River Commission siégeant à Saint-Louis, Missouri, ressortissait autant au jury de la Classe 29 qu'à celui de la Classe 28.

La Commission du Mississipi présentait, en effet, une importante exposition relativement aux travaux qu'elle dirige et fait exécuter, aux frais du Gouvernement des États-Unis, pour l'entretien de la navigabilité du Mississipi. La dépense annuelle d'entretien atteint environ 10 millions, pour un cours de 1,600 kilomètres.

L'exposition dont il s'agit comprenait des modèles de dragues et de travaux de défense des rives avec de nombreuses photographies de chantiers.

Les dragues employées sont à succion, de très grande puissance. Elles sont pourvues de cutters ou désagrégateurs installés près de la crépine d'aspiration. A l'autre extrémité de la drague se trouvent deux gouvernails et la machinerie des pompes de refoulement. Le tirant d'eau est de 1 m. 25.

Le sable est aspiré et refoulé hors du chenal, jusqu'à 300 mètres de distance, au moyen de doubles tuyaux portés par des bateaux flottants. Chaque tuyau porte à son

extrémité un écran dont l'inclinaison plus ou moins grande assure l'orientation convenable du tuyau lorsque tout le système se déplace.

On voyait sur le modèle même de la drague deux pieux d'amarrage, que l'on fonce en rivière à l'air comprimé, et sur lesquels s'appuie la drague. En déroulant les câbles d'amarrage, on fait descendre progressivement la drague, d'environ 30 mètres à l'heure.

L'évaluation du cube dragué se fait par épreuves, au moyen de chalands jaugés en acier.

Il a été fait sur ce type un certain nombre de dragues, dénommées alpha, béta, gamma, delta, etc., avec des perfectionnements successifs. Les premières construites étaient accompagnées d'un steamer pour le logement du personnel, ainsi que le montraient les photographies exposées. Les plus récentes portent elles-mêmes le logement des ouvriers avec ateliers de réparation.

Le type le plus perfectionné est celui qui est exposé et décrit sous le nom de M. Lindon Bates.

La Commission a eu, d'autre part, l'heureuse idée de présenter sous forme de modèles les travaux de fascinage qu'elle fait exécuter sur une très grande échelle pour la défense des rives[1].

L'un des modèles montrait la confection d'un talus clayonné, dans les différentes phases du travail :

1° On voyait d'abord le montage, entre deux bateaux, d'une grande claie constituée par des fascines avec des câbles en acier;

2° On amène la claie pour la mettre en place et on la cale par des pierres sèches;

3° On déblaie ensuite le talus pour l'adoucir. Ces déblais s'effectuent rapidement au moyen d'eau sous pression fournie par des pompes sur chaland.

D'autres modèles montraient des épis de fascinage, économiques et d'exécution rapide, ainsi que des digues formées de fascinages et d'enrochements.

Enfin la Commission montrait, par un grand modèle, la construction d'une digue en fascinage par avancements successifs sur quatre rangées de pieux que l'on utilise comme estacade. Quatre files de rails, correspondant aux quatre rangées de pieux, permettent de transporter, au moyen de grands wagons-plate-formes (portant sur les rails extérieurs) et de petits chariots, tous les matériaux (pieux, fascines, etc.) nécessaires à la confection de la digue.

A l'appui de ses remarquables travaux, la Commission avait produit toute une collection de documents résumant ses opérations depuis l'origine, y compris les résultats de l'année 1899.

En outre du grand prix accordé à la Commission, le Jury de la Classe 28 a été heureux d'attribuer de hautes récompenses aux principaux officiers de la Commission qui lui ont été signalés par leur collègue, M. Ockerson : deux médailles d'or à

[1] Le courant du Mississipi est de 1 m. 50 par seconde.

MM. Hider (A.) et Nolty, quatre médailles d'argent à MM. Copper, Monovo, Rees et Sturtevant.

Un certain nombre d'exposants des États-Unis ont présenté des collections de photographies de travaux du Génie civil, de matériel ou d'engins de travaux publics que le Jury a examinées avec intérêt, mais sans pouvoir les apprécier exactement faute de renseignements circonstanciés.

Ce sont, suivant l'ordre du catalogue :

1. American car Sprinkler company, Worcester (Massachusetts).
2. American Hoist and Derrick company, Saint-Paul (Minnesota).
3. Barr (J. Carrol), Morgantown (West-Virginia).
9. Buffalo Pitts company, Columbus (Ohio).
10. Case manufacturing company, Columbus (Ohio).
11. Cleveland crane and car company, Cleveland (Ohio).
12. Clulow (P.-T.), Schenectady (New-York).
13. Davis (Charles-Henry), New-York.
16. Edson manufacturing company, Boston (Massachusetts).
17. Flory (S.) manufacturing company, Bangor (Maine).
19. Good Roads machinery company, New-York, Kennalt square.
20. Graves (Edwin D.), Hartford (Connecticut).
21. Henny (D.-C.), San Francisco (California).
23. Hutton (William R.), New-York.
26. Iroquois Iron Waks, New-York (Buffalo).
27. Jeffrey manufacturing company, Columbus (Ohio).
29. Link Belt engineering company, Nicetown (Philadelphia, Pennsylvania).
30. Linton (Hawey), Altoona (Pennsylvania).
31. Mc Kim (Alexander Rice), New-York.
32. Marion steam shovel company, Marion (Ohio).
36. Reed (D. A.), Duluth (Minnesota).
37. Saint Bernard cod company, Earlington (Kentucky).
39. Steel cable engineering company, New-York.
42. Wilkins (Geo .S.), Chicago.
43. Wood (R. D.) and company, Philadelphia (Pennsylvania).

LES SPÉCIALITÉS.

PHARES ET BALISES.

Le Ministère des travaux publics de France avait réuni dans une exposition spéciale les appareils d'éclairage, les modèles et les dessins représentant les principales améliorations réalisées par le Service des phares et balises depuis l'Exposition universelle de 1889.

La plupart des objets exposés étaient groupés dans le Musée du dépôt des phares

attenant au parc du Trocadéro incorporé dans l'Exposition; deux lanternes contenant les grands appareils destinés aux phares de l'Île Vierge et de Mont-Saint-Clair, dont les dimensions ne permettaient par l'installation à l'intérieur du dépôt des phares, étaient établis sur le terrain même de l'Exposition universelle.

Un volume, composé avec un soin tout particulier, donnait un compte détaillé des progrès accomplis depuis 1889 dans l'éclairage et le balisage du littoral français, la description et la représentation de tous les appareils qui figuraient à l'Exposition.

Les points caractéristiques à relever sont les suivants :

Augmentation de la puissance lumineuse des optiques;

Éclairage à incandescence par le gaz ou la vapeur de pétrole;

Perfectionnement des machines et lampes des phares électriques, des signaux sonores, des feux flottants;

Établissement de feux permanents alimentés à l'huile minérale, de bouées lumineuses;

Nouveau mode de construction de tours-balises en béton et en ciment pur;

Construction de tours de phare de grande hauteur.

L'augmentation de la puissance lumineuse des optiques a été obtenue en suite de la réduction de la durée des éclats à leur minimum, en constituant les optiques avec un petit nombre de lentilles de grande surface ayant, par conséquent, une grande puissance. La durée de révolution des appareils est devenue, par suite, très courte, de 5 à 25 secondes. Ces vitesses sans précédent, surtout pour les phares des premiers ordres, ont été obtenues à l'aide de dispositions mécaniques simples et de machines légères à mouvement d'horlogerie.

Ces nouvelles combinaisons réalisent le maximum de rendement lumineux des appareils d'éclairage; elles ont donné le moyen d'augmenter la puissance du feu des phares dans une proportion considérable sans aggravation des dépenses d'installation ou d'entretien; elles ont donné naissance à toute une série de types nouveaux d'appareils.

D'autre part, on a augmenté le rendement lumineux des optiques en maintenant dans d'étroites limites, par des méthodes nouvelles de contrôle, la précision focale et la divergence propre de leurs divers éléments. Par ces moyens et par le renouvellement ou le perfectionnement de leur outillage, les constructeurs français, collaborateurs du Service des phares de France, et presque sans rivaux dans le monde entier, sont arrivés à produire des travaux d'optique d'une valeur supérieure.

L'incandescence, avec le manchon Auer, donnant des sources d'un éclat intrinsèque élevé a été jugée particulièrement propre à l'éclairage des phares et a reçu des applications étendues sous deux formes différentes.

Dans la première forme, le combustible est du gaz d'huile employé sous pression avec un brûleur très simple inauguré dans le Service des phares.

Dans la seconde forme, le combustible est de la vapeur de pétrole obtenue en vaporisant l'huile au moyen de la chaleur perdue du brûleur; cette vapeur est également employée sous pression dans un brûleur spécial combiné par le Service des phares.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Par l'un ou l'autre de ces deux moyens, on a obtenu des puissances lumineuses élevées qui ont permis d'améliorer considérablement les feux d'atterrissage de seconde ligne, ne comportant pas l'emploi de l'électricité, et la plupart des feux de direction importants.

Les usines des phares électriques ont été mises à la hauteur des derniers progrès de l'industrie. Dans les établissements neufs, les machines électriques de Méritens ont été remplacées par des alternateurs directement appropriés aux conditions du nouvel éclairage; les lampes à arc ont subi également des perfectionnements.

La question des signaux sonores a été soigneusement étudiée, a fait l'objet de recherches expérimentales, dans les conditions les plus variées, en vue de déterminer les meilleures dispositions à prendre pour l'établissement des trompettes et des sirènes actionnées à l'air comprimé. On a ainsi reconnu que, conformément aux principes posés par Fizeau, il convenait d'installer ces instruments sur des points élevés et de préférence sur la galerie supérieure des phares; on a défini les types à adopter pour les instruments et la pression d'air la meilleure; on a déterminé le meilleur dispositif à adopter pour mettre instantanément en action les signaux sonores émis à grande distance du phare où sont installés les machines motrices et le personnel.

Les feux flottants ont été l'objet de perfectionnements bien nécessaires qui leur ont donné enfin les qualités désirables :

1° En réglant leur stabilité de façon à supprimer tout synchronisme entre leurs oscillations propres et celles des lames;

2° En amortissant leurs mouvements par l'emploi de quilles de roulis à fortes saillies;

3° En adoptant des formes à grand tirant d'eau et en plaçant le lest aussi bas que possible, extérieurement au navire.

On a d'ailleurs substitué aux anciens appareils catoptriques des feux flottants des appareils lenticulaires puissants, éclairés à l'incandescence par le gaz et disposés de manière à constituer un pendule composé à oscillations très lentes, qui le rendent à peu près insensible au roulis et au tangage.

Une des grosses difficultés du Service des phares est d'assurer le fonctionnement des nombreux feux fixes établis sur les musoirs de jetées inaccessibles en gros temps, sur des tours-balises importantes, dans des phares secondaires isolés en mer. On a heureusement réussi à faire fonctionner d'une façon continue, jour et nuit, pendant plus de trois mois consécutifs, des feux à une mèche alimentée à l'huile minérale ordinaire, qu'il suffit de visiter à longs intervalles; en même temps on donnait à ces feux permanents tous les caractères des feux gardés, à occultations ou à éclats, grâce aux facilités de rotation que procure le dispositif du flotteur à mercure des feux éclairés, le mouvement étant assuré au moyen de quelques piles actionnant un anneau Gramme qui tourne entre deux aimants permanents.

Par l'établissement de feux permanents en grand nombre, on a comblé une lacune que les anciens moyens employés laissaient malheureusement dans l'éclairage maritime, en ne permettant pas de signaler économiquement des points d'un intérêt secondaire, mais très réel.

D'autres feux permanents, constitués par des bouées lumineuses alimentées au gaz d'huile, ont été établis en grand nombre, soit pour circonscrire des dangers et remplacer certains feux flottants, soit pour éclairer des chenaux sinueux et mobiles, soit pour compléter les indications des feux d'alignement et des feux à secteurs, soit pour signaler les travaux d'entrée des ports en cours d'exécution. Les études expérimentales faites pour déterminer, dans chaque cas, les formes, la stabilité et le mode d'amarrage des bouées ont abouti à des types consacrés aujourd'hui par la pratique.

Le Service des phares doit naturellement porter son attention sur les diverses questions qui se posent dans l'utilisation nautique des phares ; il convient d'ailleurs de rappeler que ses programmes et même ses projets de travaux sont soumis à l'examen d'une commission spéciale qui comprend plusieurs officiers généraux de la marine militaire, dont l'un désigné pour présider la commission en l'absence du Ministre des travaux publics, président d'honneur, de droit, de toutes les commissions instituées près de son ministère, des hauts fonctionnaires du génie maritime, du service hydrographique, etc.

Ce service a donc entrepris et mené à bonne fin des observations méthodiques sur la réfraction atmosphérique nocturne près de l'horizon et son influence sur la portée géographique des phares, et la dépression de l'horizon de la mer, qui ont permis de rectifier les données fort incomplètes qu'on avait sur ces phénomènes.

De même on a repris l'étude de la sensibilité des alignements de feux, qui joue, dans certains éclairages, un rôle fort important, et l'on a pu, à la suite d'observations faites à la mer et à grande distance sur certains de ces alignements, rectifier utilement les règles anciennement employées pour l'établissement de ces feux.

Des innovations importantes ont été introduites dans la construction des ouvrages isolés en mer et, en particulier, des tourelles-balises.

Depuis 1889, plusieurs de ces tourelles-balises ont été construites en béton de ciment Portland coulé à l'aide d'un nouveau système de coffrage octogonal donnant de grandes facilités de montage et de démontage. En dernier lieu, le travail a été simplifié encore par la substitution du ciment pur au béton. En employant le ciment Portland en poudre sous l'eau, avec des moyens d'immersion appropriés, on a pu aborder l'exécution d'ouvrages ajournés jusqu'alors comme trop difficiles et tenter notamment l'exécution d'une tourelle sur l'écueil de Rochebonne, à 8 mètres sous basse mer et à 55 milles au large de la Rochelle.

Continuant les traditions anciennes dont il s'honore, le Service des phares a construit plusieurs tours de grande hauteur, intéressantes à divers égards : celle du phare électrique de La Coubre, qu'on peut citer comme un exemple de haute tour économique, celle du phare d'Eckmühl, qui est comptée au nombre des plus beaux monuments de ce genre; enfin celle du phare de l'Île Vierge, en cours d'achèvement, qui aura 75 mètres de hauteur et sera le plus haut du monde.

Cette énumération sommaire des progrès réalisés par le Service des phares français,

depuis 1889, empruntée au volume publié par ce service à l'occasion de l'Exposition de 1900, justifie amplement le grand prix qui, à l'unanimité, a été décerné à ce service.

Le Jury de la Classe 28 tient à adresser un témoignage d'admiration et de reconnaissance à la mémoire de M. l'inspecteur général des ponts et chaussées Bourdelles, directeur de ce service pendant la plus grande partie de la période de 1889-1900, malheureusement décédé peu de temps avant le moment où ses rares mérites, qu'il cachait avec une modestie extrême, étaient revélés au grand public par une exposition tout à fait hors pair.

M. Bourdelles a eu pour le seconder dans son œuvre des collaborateurs directs extrêmement distingués, les uns au Service central des phares, chargés des études spéciales, d'ordre scientifique, pratique, déterminant les éléments des projets, établissant parfois même en entier certains projets, surveillant la construction des appareils, allant les installer; d'autres, sur tout le littoral, exécutant les projets à la conception desquels ils avaient pris une part plus ou moins grande, entretenant en bon état les appareils fournis, assurant le service dans des conditions parfois très pénibles.

Au premier rang des collaborateurs directs de M. Bourdelles, au Service central, brille M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Ribière, auquel le Jury de la Classe 28 a décerné un grand prix; deux autres collaborateurs, MM. les ingénieurs de Joly et Blondel, ont reçu des médailles d'or; des médailles d'argent ont été attribuées à MM. les conducteurs Mours, Ciolina, Fricero.

Des médailles d'or ont été décernées pour les services extérieurs à MM. les ingénieurs en chef Considère et Thurninger, à M. l'ingénieur Pigeaud pour la part prise aux ravaux de construction des phares d'Eckmuhl, de la Coubre.

Des médailles d'argent ont été attribuées à MM. les ingénieurs Duperrier, Kauffman, à MM. les conducteurs Labat, Le Renard.

Trois grandes maisons de construction françaises ont pris une part très grande aux merveilleux travaux du Service des phares de France et donné leur concours extrêmement précieux, allant jusqu'à l'établissement des projets eux-mêmes aux administrations diverses, plus ou moins bien organisées, des divers pays du monde; ce sont les maisons Barbier et Bénard, Henry-Lepaute, Sautter et Harlé.

La maison Sautter et Harlé, n'exposant pas spécialement dans la Classe 28, n'a pu être récompensée par notre Jury qu'à titre de collaborateur, particulièrement apprécié, du Service des phares de France. Une médaille d'or a été attribuée à M. Rey, ingénieur de la maison Sautter et Harlé.

Des grands prix ont été donnés à MM. Barbier et Bénard et à la Société des établissements Henry-Lepaute, qui, déjà en 1889, avaient obtenu cette récompense supérieure, et qui avaient, à l'Exposition de 1900, des expositions particulières indépendantes de celle organisée par le Service des phares.

MM. Barbier et Bénard se distinguent dans le montage des optiques destinés aux feux-éclairs, la perfection dans l'agencement et le montage des flotteurs à mercure: ils exposaient des anneaux catadioptriques à quatre faces permettant une plus complète

utilisation de la lumière. La Société Henry-Lepaute présentait en particulier un type de phare adopté pour l'île de Madagascar par l'Administration des colonies.

La Direction générale des phares du Mexique avait présenté une exposition intéressante, démontrant que l'éclairage et le balisage des côtes de ce pays ont fait de grands progrès dans ces dernières années. Cette administration s'adresse d'ailleurs aux meilleures maisons de construction françaises pour la fourniture de ses phares où est appliqué le système des feux-éclairs. En raison des efforts faits et des progrès réalisés, le Jury de la Classe 28 a ajouté à la médaille d'or décernée au Service lui-même, des médailles d'argent à M. Nicolau, de bronze à MM. Alvarez, Ferral, et des mentions honorables à MM. Menessès et Ortruz, principaux fonctionnaires du Service.

Le Service des phares de Norvège, à Christiania, a été récompensé d'une médaille d'argent pour son exposition qui comprenait un phare de 3e ordre, du type le plus généralement employé sur les côtes norvégiennes. Dans ces phares, les feux sont à éclats, à occultations, mais toute la lumière n'est pas utilisée; les occultations se font par un appareil rotatif mû par l'air chaud de la lampe. C'est en France que la Norvège commande ses appareils de phares.

Le Service des phares de Finlande présentait un appareil de feu-éclair muni de 4 petites lentilles, mû par l'air chaud. Malgré le poids de l'appareil, le mouvement de rotation est à frottement très doux.

DISTRIBUTION D'EAU.

Le Jury de la Classe 28 a eu à examiner plusieurs expositions se rattachant à la question si importante de l'alimentation des villes et agglomérations en eau potable, de l'évacuation des eaux usées.

L'exposition faite par la Compagnie générale des eaux, hors concours par suite de la présence de son ingénieur-conseil, M. Boutan, dans le Jury même de la Classe 28, était particulièrement intéressante, très bien disposée pour faire apprécier l'importance de cette compagnie, l'ensemble de ses divers services et des travaux exécutés par elle en ces dix dernières années. La Compagnie avait cherché à mettre particulièrement en lumière les perfectionnements qu'elle a réalisés depuis 1896 dans l'épuration et la filtration des eaux de rivière, notamment pour l'alimentation de la banlieue de Paris.

L'exposition de la Compagnie comprenait :

1° L'ensemble des plans des distributions d'eau exploitées par la Compagnie, en dehors de la ville de Paris dont elle a la régie intéressée, mais qui exposait elle-même tout ce qui concernait son service.

Ces plans étaient répartis en 3 catégories suivant la nature de l'eau d'alimentation : eau de source, eau de rivière filtrée, eau de rivière naturelle;

2° Cinq modèles se rattachant à l'épuration des eaux de rivière par le fer métallique et à la filtration par grande masse, suivant la méthode souvent désignée sous le nom de procédé Anderson.

On remarquait principalement l'installation de Choisy-le-Roi, affectée à l'alimentation de la banlieue sud et ouest de Paris. Établie en 1895 pour donner 30,000 mètres cubes d'eau par jour, elle a déjà été portée, en 1899, à une puissance de 60,000 mètres cubes, et des développements successifs sont prévus jusqu'à 100,000 mètres cubes.

Le superbe volume édité par la Compagnie générale des eaux, à l'occasion de l'Exposition de 1900, donne des détails très circonstanciés sur cette installation, sur les méthodes de filtrage employées;

3° Une réduction des réservoirs en fer et ciment de 4,000 mètres cubes, construits en 1896 et 1897, à Châtillon, par M. Chassin, entrepreneur de travaux publics, et qui se comportent parfaitement bien;

4° Un certain nombre d'appareils spéciaux, et notamment un clapet multiple pour conduites de refoulement créé par la maison Chappée, du Mans, sur les indications de la Compagnie;

5° Des notices résumant l'état des diverses exploitations de la Compagnie (Lyon et banlieue, Nice et annexes, Toulon, Hyères, Rennes, Rouen, etc.) et l'étendue de ses affaires au 31 décembre 1899.

La Compagnie générale des eaux était chargée de l'exploitation et de la régie du service des eaux de l'Exposition de 1900, ainsi que de l'exécution de tous les branchements particuliers; à l'annexe de Vincennes, c'est elle qui a posé la conduite publique d'eau épurée et filtrée; qui a eu à établir tous les raccordements, tant sur ses propres canalisations que sur celles de la ville de Paris.

Un grand prix a été décerné à M. Talandier, qui dirige depuis longues années la Compagnie avec une compétence toute particulière; des médailles d'or ont récompensé les services distingués de M. Éd. Pettit, chef d'exploitation de la Régie de Paris, de M. Georges Veilhan, ingénieur des ponts et chaussées, chef du service technique de la Compagnie; des médailles d'argent ont été attribuées à MM. Henri Regnard, chef du service des filtres, Couillin, inspecteur, Chassin, entrepreneur; des médailles de bronze, à MM. Aumaître, chef des ateliers, Fort, surveillant principal des filtres, et Dromery, fontainier.

A côté de la Compagnie générale des eaux, une autre compagnie française, Compagnie des eaux de la banlieue de Paris, présentait une exposition intéressante d'une distribution d'eau par refoulement, qui lui a fait attribuer une médaille d'argent.

Le Jury a récompensé d'une médaille d'or les expositions multiples de la Compagnie générale des conduites d'eau de Liège (Belgique) qui se charge de l'exécution d'entreprises générales de distribution d'eau et, accessoirement, de l'exploitation de ces distributions. Cette importante Compagnie a à son actif :

En *Espagne*, l'exécution, depuis 1889, d'une conduite foncée pour les eaux d'Alicante.

En *Italie*, la distribution d'eau aux communes situées autour du Vésuve, ayant exigé des tranchées difficiles dans la lave; certaines parties de ces conduites supportent une pression de 22 atmosphères. La distribution d'eau de Caltanisetta, en Sicile, qui com-

porte deux siphons avec tuyaux de 200 et 225 millimètres de diamètre avec joints ordinaires à emboîtements et cordons, supportant une pression de 35 atmosphères, suppose pour les tuyaux en fonte et pour les joints une exécution particulièrement soignée.

En *Hollande,* diverses distributions d'eau provenant de vastes tranchées creusées dans les sables ou de puits Norton, constituant des drainages verticaux forés dans les dunes à 8 ou 10 mètres de profondeur.

En *Roumanie,* plusieurs distributions d'eau comportant l'emploi d'un appareil spécial inventé par M. Coucou, ingénieur en chef des ponts et chaussées de Roumanie, ancien ingénieur en chef de la ville de Bucarest, et qui sert à la fois de borne-fontaine, de bouche d'incendie, de bouche d'arrosage, avec disposition spéciale pour vidanger l'eau et mettre l'appareil à l'abri de la gelée. Cet appareil était exposé d'autre part par M. Coucou lui-même, hors concours.

En *Bulgarie,* la distribution d'eau de Ploudir.

A côté de ces grandes sociétés, le Jury de la Classe 28 a eu à apprécier des maisons également fort recommandables, telles que la maison Mathelin et Garnier, hors concours d'ailleurs, les chefs de cette maison étant membres du Jury.

Fondée en 1877 pour s'occuper plus particulièrement des élévations et distributions d'eau dans les villes et chargée, dès son début, de travaux importants pour la Ville de Paris, la maison Mathelin et Garnier non seulement a prospéré dans cette spécialité, mais s'est encore consacrée à l'établissement des lignes télégraphiques souterraines; aux travaux de chauffage, créant à Lille une usine importante pour la fabrication des tuyaux en fonte et en plomb, d'appareils de robinetterie, et étudiant avec un soin spécial et obtenant avec un succès complet des bronzes spéciaux, bronze « Roma », etc. Un des principaux collaborateurs de la maison Mathelin et Garnier, M. Guillemin, a acquis une autorité toute particulière dans la question si délicate des alliages de bronze et publié à ce sujet des mémoires très remarqués en France et à l'étranger. Le Jury de la Classe 28 a décerné une médaille d'argent à M. Courtaud et une médaille de bronze à M. Conti, attachés depuis longues années à la maison Mathelin et Garnier; M. Courtaud s'est particulièrement distingué dans la direction de travaux exécutés pour divers services de l'Exposition en même temps qu'il s'occupait d'établissement de distribution d'eau à Saint-Dié, Berne, Mirecourt, Narbonne.

Une médaille d'or a été décernée à la maison Pérignon, Vinet et Cie, bien connue sur la place de Paris, qui, entre autres titres, avait celui d'avoir exécuté, en deux mois, la plomberie du Château d'eau de l'Exposition universelle, adjugée à cette maison à la suite d'un concours qui en avait constaté la valeur d'une façon indiscutable; une médaille d'argent a été accordée à M. Holt, pour participation aux études et direction des travaux du Château d'eau.

Très souvent l'eau n'est pas distribuée dans les villes à une pression suffisante pour assurer convenablement certains services, notamment les services d'incendie; très souvent il est difficile d'assurer un bon service d'eau, dans des habitations isolées, par les

procédés ordinaires. La maison Carré fils aîné et Cie surmonte ces difficultés et résout heureusement les problèmes posés, par un système ingénieux de distribution d'eau sans pression d'air. Les applications de ce système très nombreuses déjà, ayant donné d'excellents résultats, le Jury a décerné une médaille d'or à cette maison.

La filtration des eaux destinées à l'alimentation a donné lieu en ces dernières années à de nombreuses recherches; un exposant allemand, M. Kurka, a obtenu une médaille de bronze pour un filtre clarificateur bien conçu en grès poreux naturel, tenant tout à la fois du filtre Chamberland et du filtre à sable.

Ce filtre se distingue toutefois du filtre Chamberland en ce que les pores du grès sont beaucoup moins fins, et du filtre à sable en ce que la couche de sable agglutiné se tient d'elle-même verticale; l'extérieur des bougies où les matières sont retenues est à l'abri de l'air et de la lumière, condition assurément très favorable.

Les travaux d'établissement de distribution d'eau exigeant des appareils perfectionnés, certaines maisons trouvent le moyen de se signaler par le soin, la conscience qu'elles apportent à leur fabrication; telles sont les maisons Buffault, Guesnier, Legris, auxquelles le Jury a décerné une médaille d'argent, une médaille de bronze, une mention honorable. Un collaborateur de M. Buffault, M. Métenier, auteur d'un petit moteur de foreuse, a obtenu une médaille de bronze.

Citons ici M. Jonet, qui exposait un système breveté de dessus de puits couvert. La particularité de cet appareil consiste en ce que le seau, une fois remonté au moyen d'une poulie, rencontre un arrêt qui le fait basculer et déverse son contenu dans une rigole communiquant avec un réservoir extérieur, la rigole étant, comme toute l'installation de la poulie, à l'intérieur d'une cuve fermée.

La maison Havard frères a présenté au Jury une collection d'appareils sanitaires à effet d'eau, avec ou sans siphon, répondant à l'exigence du «Tout à l'égout». Le principal progrès réalisé par cette maison depuis 1889 consiste dans l'établissement d'appareils à air comprimé pour les cabinets communs; une médaille d'argent lui a été décernée.

La Société des tuyaux Chameroy (MM. Paul de Singly et Cie) a bénéficié d'une médaille d'or pour les tuyaux de distribution de gaz à grand diamètre qu'elle exposait à la Classe 28, ayant reporté à la Classe 21 ses tuyaux pour distribution d'eau.

Une médaille d'or a été également accordée à la Société des entreprises générales de distributions et de concessions d'eau et de gaz et de travaux publics, qui exposait des appareils pour la distribution de l'air comprimé, des horloges pneumatiques, des appareils de télégraphie pneumatique employés par l'État. Cette Société exposait d'ailleurs à la Classe 21 ses appareils de distribution d'eau, fort appréciés.

CLASSE 29

Modèles, plans et dessins de travaux publics

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

MM. FERNAND DE DARTEIN

RAPPORTEUR

ET

AUGUSTE CHOISY

RAPPORTEUR ADJOINT

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. Guillain (Florent), député du Nord, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur honoraire des routes, de la navigation et des mines au Ministère des travaux publics (comités, Paris 1889; commission supérieure, président des comités et du Groupe VI, Paris 1900), *président* . . . . . France.

Rieppel, directeur des ateliers de constructions mécaniques d'Augsbourg et Nuremberg, *vice-président* . . . . . Allemagne.

de Dartein (Fernand), inspecteur général des ponts et chaussées, professeur à l'École polytechnique, inspecteur à l'École nationale des ponts et chaussées (rapporteur des comités, Paris 1900), *rapporteur* . . . . . France.

Trélat (Gaston), architecte du Gouvernement, professeur à l'École spéciale d'architecture (comité d'admission, Paris 1900), *secrétaire* . . . . . France.

JURÉS TITULAIRES FRANÇAIS.

MM. Agnellet (Édonard), ingénieur en chef des ponts et chaussées, ingénieur en chef des études, du matériel, des voies et des bâtiments à la Compagnie du chemin de fer du Nord (comités, Paris 1889, 1900) . . . . . France.

Brosselin (Gustave), inspecteur général des ponts et chaussées, vice-président du Conseil général des ponts et chaussées (commission supérieure, comités, Paris 1900) . . . . . France.

Choisy (Auguste), ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur adjoint d'architecture à l'École nationale des ponts et chaussées (rapporteur des comités, Paris 1900) . . . . . France.

Huet (Edmond), inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, ancien directeur administratif des travaux de la Ville de Paris . . . . . France.

Jozon (Marcel), inspecteur général des ponts et chaussées, directeur des routes, de la navigation et des mines au Ministère des travaux publics, conseiller d'État (comité d'admission, Paris 1900) . . . . . France.

Lévy (Maurice), membre de l'Institut, inspecteur général des ponts et chaussées, professeur à l'École centrale des arts et manufactures . . . . . France.

Reymond (Francisque), sénateur de la Loire, ingénieur des arts et manufactures, ancien directeur de l'École centrale des arts et manufactures (comités, jury, Paris 1889; comités, Paris 1900) . . . . . France.

JURÉS TITULAIRES ÉTRANGERS.

MM. de Weber-Ebenhof (O.), conseiller . . . . . Autriche.

de Rote, directeur des ponts et chaussées . . . . . Belgique.

Étienne (Paul), inspecteur général des ponts et chaussées . . . . . Bulgarie.

Risse (Louis A.), ingénieur topographe en chef de New-York . . . . . États-Unis.

Heuffel (Adolphe), conseiller royal, ingénieur, directeur des travaux publics de de la ville de Budapest . . . . . Hongrie.

Salazar (Luis), ingénieur, professeur à l'École nationale d'ingénieurs de Mexico (jury, Paris 1889) . . . . . Mexique.

MM. Skougaard (J. C.), ingénieur en chef. . . . . Norvège.
da Silva Monteiro (Alberto), ingénieur de l'État, député. . . . . Portugal.
Werkhovsky (Wladimir), ingénieur, membre du conseil du Ministère des voies et communications. . . . . Russie.

JURÉ SUPPLÉANT FRANÇAIS.

M. Dubrujeaud (Léon), maçonnerie, membre de la Chambre de commerce de Paris. France.

JURÉS SUPPLÉANTS ÉTRANGERS.

MM. Rasch, ingénieur-conseil attaché à l'ambassade d'Allemagne, à Paris . . . . . Allemagne.
Glæsel (Henri), architecte . . . . . Danemark.
Mangouby (M. S.), ingénieur. . . . . Russie.

AVANT-PROPOS.

Les objets exposés dans la Classe 29 comprennent, aux termes de la classification officielle, non seulement les ouvrages de travaux publics représentés par des modèles, des plans et des dessins, mais encore les ouvrages de construction et de décoration des bâtiments de l'Exposition.

Par suite du concours empressé des nations étrangères et de l'attribution à la Classe 29 des travaux de l'Exposition, le nombre des exposants (compris les Commissariats et les Comités d'installation) a dépassé 1,200, et les objets exposés se sont trouvés disséminés dans toute l'étendue de l'Exposition. Pour les examiner dans le délai prescrit, le Jury a dû se scinder en deux Commissions.

L'une, dite des Travaux publics, s'est chargée des *routes, ponts, viaducs, canaux, rivières, ports maritimes,* de l'*éclairage* et du *balisage des côtes* (moins les appareils) et des *chemins de fer* (en ce qui concerne seulement l'infrastructure), c'est-à-dire des objets spécifiés aux sept premiers articles de la classification particulière de la Classe 29. Cette Commission était composée de MM. Brosselin, président; de Weber-Ebenhof et Jozon, vice-présidents: de Dartein, rapporteur; Agnellet, Mangouby, Rasch, Rieppel, Risse, Salazar, Skougaard et de Werkhovsky.

La seconde Commission, dite de l'Édilité, a retenu les *travaux urbains de voirie, d'alimentation en eau, d'assainissement, d'éclairage au gaz, de télégraphie à l'air comprimé,* plus les *travaux de l'Exposition,* c'est-à-dire les objets désignés par les articles 8, 9, 10 et 12 de la classification. Elle était composée de MM. Reymond, président; Huet, vice-président; Choisy, rapporteur adjoint; Dubrujeaud, Étienne, Glaesel, Heuffel, Lévy, de Rote, da Silva Monteiro, Trélat.

M. Guillain, président du Jury de la Classe, a fait partie des deux Commissions.

Pour l'appréciation, sous le rapport artistique, des travaux de l'Exposition, MM. les architectes Vaudremer, Daumet, Pascal et Mayeux, jurés de la Classe 10, ont été adjoints au Jury de la Classe 29.

Les matières énumérées à l'article 11 de la classification : *Statistiques, cartes spéciales et publications diverses relatives aux travaux publics,* ont été partagées entre les deux Commissions selon la nature des travaux auxquels elles se rapportent.

La distribution du travail entre deux fractions du Jury et la grande diversité des objets rangés dans la Classe 29 ayant conduit à répartir ces objets en trois groupes, le présent rapport sera divisé en trois parties : Travaux publics — Travaux d'édilité — Travaux de l'Exposition.

L'ordre suivi pour chaque partie est celui du catalogue général : *France; Colonies françaises; États étrangers,* ces derniers étant, ainsi que les colonies françaises, rangés par ordre alphabétique.

Le classement par États, des objets exposés a paru préférable à un classement fondé sur le groupement des objets similaires. Il a, pour premier avantage, de correspondre au mode de présentation de ces objets, ceux qui se rapportent à la Classe 29 étant rassemblés, en général, pour chaque État, dans un même local, et décrits le plus souvent, dans un même volume. Le classement par États permet encore de marquer, dans le compte rendu de l'exposition de chaque pays, les traits caractéristiques de cette exposition, lesquels disparaîtraient avec le système de comptes rendus partiels, éparpillés en divers chapitres.

Enfin, les objets exposés sont loin, très souvent, d'être comparables entre eux d'un pays à l'autre et, par suite, d'être utilement rapprochés. Tel État, par exemple, peuplé, riche, industriellement avancé, où abondent routes et chemins de fer, ne fait plus montre de ces voies de communication, devenues, pour ses habitants, d'un usage banal et, pour ses ingénieurs, d'une exécution courante. Il se borne à en présenter les plus remarquables ouvrages d'art. Au contraire, tel autre État, à population clairsemée, pauvre, en retard quant au développement matériel, attachera tant de prix à la construction de chemins de fer ou même de simples routes, qu'il voudra s'en faire honneur et qu'il tiendra à appeler sur ce progrès l'attention des autres peuples. Faire un chapitre des chemins de fer, où l'on n'aurait rien à dire des travaux de l'État très avancé, alors qu'on devrait y rendre compte de ceux de l'État demeuré en retard, serait peu rationnel. La même observation pourrait être faite pour d'autres catégories de travaux. Ce qui, par exemple, est devenu sans intérêt dans la métropole, peut rester très méritoire dans une colonie. Aussi bien, vaut-il mieux, en définitive, pour conserver une juste mesure, examiner séparément les travaux des différents pays.

Dans chaque pays, cet examen sera conduit dans l'ordre suivant : *administrations publiques; compagnies ou sociétés; constructeurs et entrepreneurs; particuliers.* Les objets exposés seront ainsi, en règle ordinaire, passés en revue par degré d'importance.

Il ne sera fait mention que de ceux ayant retenu l'attention du Jury. Le nombre en est, d'ailleurs considérable, puisque, comme il résulte du tableau donné ci-dessous, le chiffre des récompenses attribuées aux exposants s'élève à 724, dont 131 grands prix, 222 médailles d'or, 192 médailles d'argent, 129 médailles de bronze et 50 mentions honorables.

A ces récompenses décernées aux exposants s'en ajoutent 1,163 départies aux collaborateurs, savoir : 35 grands prix, 339 médailles d'or, 394 médailles d'argent, 261 médailles de bronze et 134 mentions honorables.

39 exposants et 8 collaborateurs étaient hors concours comme faisant partie des Jurys de l'Exposition.

Nous ne mentionnerons, dans le cours du rapport, que les principaux collaborateurs, ceux qui ont obtenu des grands prix, des médailles d'or ou des médailles d'argent.

Faisons enfin remarquer — il n'est que juste et, pour un Français, que convenable d'en faire l'observation — que, si la France a obtenu les trois cinquièmes du chiffre total des récompenses, cela tient à l'introduction dans la Classe 29 des travaux de l'Exposition, qui a porté à environ huit cents (Colonies et Comités d'installation compris) le nombre des exposants français.

ÉTAT DES RÉCOMPENSES DÉCERNÉES DANS LA CLASSE 29.

HORS CONCOURS.		DÉSIGNATION	EXPOSANTS.						COLLABORATEURS.					
EXPOSANTS.	COLLABORATEURS.	DES ÉTATS.	GRANDS PRIX.	MÉDAILLES D'OR.	MÉDAILLES D'ARGENT.	MÉDAILLES DE BRONZE.	MENTIONS HONORABLES.	TOTAUX PAR ÉTAT.	GRANDS PRIX.	MÉDAILLES D'OR.	MÉDAILLES D'ARGENT.	MÉDAILLES DE BRONZE.	MENTIONS HONORABLES.	TOTAUX PAR ÉTAT.
29	5	France	57	133	155	115	33	493	21	164	305	204	103	797
2	//	Allemagne	18	10	6	1	//	35	9	53	63	22	3	140
1	1	Autriche	6	3	5	1	//	15	//	14	30	3	//	47
1	//	Belgique	4	3	//	//	1	8	1	4	5	3	2	15
//	//	Bosnie-Herzégovine	2	//	1	//	//	3	//	2	5	//	//	7
//	//	Bulgarie	//	2	//	//	//	2	//	4	4	//	//	8
//	//	Chine	1	//	//	//	//	1	//	//	//	//	//	//
//	//	Corée	//	1	//	//	//	1	//	//	//	1	//	1
//	//	Danemark	1	1	//	//	//	2	//	3	//	//	//	3
//	//	Équateur	//	1	//	//	//	1	//	//	//	1	//	1
1	//	Espagne	1	1	//	//	1	3	//	2	1	1	1	5
3	//	États-Unis	8	16	2	1	2	29	//	16	16	9	12	53
//	//	Grande-Bretagne	3	5	1	1	//	10	//	2	//	//	//	2
//	1	Grèce	1	//	//	//	//	1	//	//	//	//	//	//
//	//	Guatemala	//	//	1	//	//	1	//	//	//	//	//	//
//	//	Hongrie	4	4	5	4	7	24	1	15	21	14	7	58
//	//	Italie	2	//	1	1	1	5	//	5	//	//	//	5
//	//	Japon	1	1	//	//	//	2	//	//	//	2	//	2
//	//	Luxembourg	//	2	//	//	//	2	//	1	//	1	//	2
//	//	Maroc	//	1	//	//	//	1	//	//	//	//	//	//
//	//	Mexique	2	3	2	//	1	8	//	5	2	1	4	12
//	//	Monaco	1	//	//	//	//	1	//	2	//	//	//	2
//	//	Norvège	2	7	//	//	//	9	//	5	5	//	//	10
//	//	Pays-Bas	3	3	1	2	//	9	//	10	//	2	//	12
//	//	Pérou	//	2	//	//	//	2	//	//	1	//	//	1
//	//	Perse	//	1	//	//	//	1	//	//	1	//	//	1
//	1	Portugal	1	5	2	//	2	10	//	2	3	2	//	7
//	//	Roumanie	2	2	2	//	//	6	1	5	3	3	//	12
1	//	Russie	6	11	2	1	//	20	3	27	39	5	6	80
//	//	Saint-Marin	//	1	//	//	//	1	//	//	//	//	//	//
//	//	Serbie	1	//	//	//	//	1	//	2	//	//	//	2
//	//	Siam	//	1	//	//	//	1	//	//	1	//	//	1
//	//	République Sud-Africaine	1	1	//	//	//	2	//	//	1	//	//	1
//	//	Suède	1	//	//	//	//	1	//	3	//	//	//	3
1	//	Suisse	2	3	2	1	//	8	//	4	3	//	//	7
//	//	Turquie	//	1	//	//	//	1	//	1	//	//	//	1
39	8	36 États	131	225	188	128	48	720	36	351	509	274	138	1,308

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Si on se borne à considérer, quant à l'exécution des travaux publics, les progrès accomplis dans l'intervalle des deux dernières grandes Expositions parisiennes, celles de 1889 et de 1900, il semble qu'il n'y ait à signaler aucune de ces découvertes capitales qui transforment l'art des constructions. Ce n'est point à dire, pour cela, qu'une pareille découverte n'ait pas été faite. L'avenir seul pourra décider la question, car une grande découverte ne saurait paraître telle qu'après s'être manifestée par ses effets, et le délai de dix ans est trop court, le plus souvent, pour lui en laisser le moyen.

Il convient d'embrasser un plus long espace, si on veut se faire une juste idée de la marche du progrès. Il faut prendre à leur origine et suivre dans leur développement les inventions de premier ordre qui ont imprimé à cette marche les élans successifs auxquels nous devons l'avancement actuel de l'art des constructions. C'est afin de lier ainsi le présent au passé qu'une Exposition centennale a été juxtaposée très heureusement à l'Exposition contemporaine.

Cette dernière est la seule dont nous ayons à nous occuper ici. A défaut d'innovations transcendantes, elle accuse des perfectionnements très considérables, réalisés de toutes parts dans le domaine des travaux publics. Nous les passerons sommairement en revue avant d'aborder le compte rendu des ouvrages exposés.

Matériaux. — Une grande extension a été donnée à l'usage des nouveaux matériaux, livrés par l'industrie, ou créés d'après des vues scientifiques, par l'association de matières hétérogènes. Le *ciment de laitier* fait efficacement concurrence aux ciments de Portland. La substitution de l'acier au fer, devenue habituelle grâce aux progrès de la métallurgie, permet d'exécuter des charpentes plus légères et de franchir de plus grandes portées. L'emploi du *ciment armé* ou du *béton armé* se répand de plus en plus dans toute espèce de travaux, et donne le moyen de construire très rapidement des ouvrages d'un volume très réduit et d'une extrême hardiesse. Il ne manque sans doute à l'usage de ces derniers matériaux que la sanction de l'expérience pour constituer une innovation de premier ordre. Le *fer déployé,* de fabrication toute récente, remplace le fil de fer pour former des grillages et pour servir d'âme à des panneaux en plâtre ou en ciment.

Les constructions mêmes de l'Exposition montraient ces divers progrès dans l'emploi du métal. Ils se manifestaient : par les arcs en acier coulé du pont Alexandre III, mesurant 107 m. 50 de portée et 6 m. 28 de flèche; par les sveltes charpentes en acier, laissées apparentes dans la plupart des palais; par des planchers, des voûtes, des murs de soutènement, construits en béton armé; par de minces et résistantes cloisons ayant pour supports des feuilles en fer déployé. Il était juste qu'une exposition destinée à mettre en lumière les progrès réalisés dans toutes les branches de l'activité humaine,

IMPRIMERIE NATIONALE.

témoignât, par la structure de ses propres édifices, des derniers perfectionnements apportés à l'art de bâtir.

EXÉCUTION DES TRAVAUX.

Calculs de résistance. — En même temps qu'on améliorait la qualité des matériaux et qu'on en créait de nouveaux, on s'appliquait à faire un meilleur emploi de ces matériaux, en serrant de plus près la détermination des efforts et le calcul des dimensions. On ne s'est plus contenté, dans les ouvrages rivetés, d'appliquer à des diagrammes linéaires, sans tenir compte de la nature des liaisons entre les pièces, les formules de la résistance des matériaux. On s'est préoccupé des actions qui se développent à raison de ces liaisons; on les a mesurées au moyen d'appareils enregistrant les efforts subis par le métal; et, comme on a reconnu que ces efforts étaient considérables, même parfois dangereux, on tend à substituer aux assemblages rigides des assemblages à rotules ou à lames flexibles, qui suppriment ou qui atténuent les déformations vicieuses.

Fondations. — Dans les fondations pneumatiques, on a, pour les ouvrages de grande étendue, tantôt fait usage d'un caisson unique de dimensions encore plus vastes que par le passé, tantôt employé un caisson mobile, fonctionnant comme cloche à plongeur, pour construire le radier, à la façon d'un mur en pierre de taille, par assises de béton superposées et formées chacune d'une série de tranches, disposées en découpe d'une assise à l'autre. D'une manière générale, l'usage des caissons mobiles et des hausses amovibles, qui procure une économie de métal, a reçu de multiples applications. Des caissons mobiles de formes spéciales ont été disposés pour réparer des murs de quai et des pivots de portes d'écluse.

Un nouveau système de fondations, par compression du sol au moyen de pilons foreurs et compresseurs, a été fort employé dans les travaux de l'Exposition.

Dragages. — L'exécution des déblais à l'aide d'engins mécaniques et, le plus possible, à l'aide de dragues, a pris de nouveaux développements. De puissantes dragues, tantôt à godets, tantôt suceuses et refouleuses, munies au besoin de désagrégateurs métalliques ou hydrauliques, permettent d'exécuter rapidement et à bon marché des fouilles considérables dans le lit des fleuves et dans les chenaux d'accès des ports. Aussi emploie-t-on ces engins non seulement pour creuser de nouvelles passes, soit fluviales, soit maritimes, mais encore et de plus en plus pour l'entretien de ces passes.

Souterrains. — D'autres systèmes de déblai, ceux qui se rapportent à la construction des souterrains, ont aussi fait de grands progrès. Le perfectionnement des perforatrices a amené le creusement plus rapide des tunnels. L'accouplement, au tunnel du Simplon, d'une galerie de service avec la galerie principale permettra, en facilitant l'évacuation des déblais, l'apport des matériaux et la ventilation des chantiers, d'achever, dans un

délai relativement très court, ce souterrain de 20 kilomètres, de beaucoup le plus long de tous ceux entrepris jusqu'à ce jour. La *méthode du bouclier,* récemment introduite, peut, dans certaines conditions, rendre de bons services pour les travaux urbains. D'ingénieuses dispositions ont été imaginées pour établir, moyennant le secours de l'air comprimé, des galeries sous le lit des rivières, au travers de sables fins, noyés dans l'eau.

ROUTES ET PONTS.

Routes. — L'entretien des routes s'améliore, tout en coûtant moins cher, à circulation égale, grâce à l'emploi de matériaux plus durs, que la facilité plus grande des transports permet de faire venir de plus loin; grâce encore à l'usage de plus en plus répandu des rechargements généraux et du cylindrage à vapeur. Dans les villes, le pavé en bois jouit d'une faveur croissante.

Ponts en maçonnerie. — L'exécution des ponts en maçonnerie a fait de nouveaux progrès. On construit des arches de plus en plus hardies. Celle qu'on élève maintenant à Luxembourg mesure 84 mètres d'ouverture et dépasse de beaucoup en portée toutes celles qu'on a bâties jusqu'ici. Elle offre cette intéressante particularité, notable à raison de l'économie dans la dépense, tant des cintres que du corps de l'ouvrage, d'être formée par deux arches distinctes, séparées, d'une culée à l'autre, par un intervalle de 6 mètres et réunies ensemble, sous la chaussée, par une plate-forme en béton armé. On fait aussi les voûtes plus minces et plus tendues; on les grossit moins vers les naissances; on évide de plus en plus les tympans par des arcades. On pousse la hardiesse jusqu'à articuler les voûtes maçonnées au moyen de rotules placées à la clef et aux retombées des arcs. Dans le Wurtemberg, où cette innovation a pris naissance, on exécute les rotules en plomb, en acier ou en granit.

Ponts métalliques. — On n'a point dépassé, pour les ponts métalliques, les portées exceptionnelles précédemment atteintes aux ponts de Brooklyn et du Forth; mais les travées droites ou courbes, de 100 à 200 mètres de portée, se sont multipliées et sont devenues d'un usage courant pour franchir les grands fleuves et les vallées profondes. On a simplifié les dispositions des poutres et des arcs. Les poutres cantilever ont reçu de nombreuses applications depuis la construction du pont de Cernavoda. Les poutres paraboliques et semi-paraboliques ont remplacé plus fréquemment les poutres droites. On tend à substituer les travées indépendantes aux travées continues, sauf dans le cas des viaducs élevés, lorsque le tablier est mis en place par lançage. Les arcs se construisent de plus en plus avec deux ou avec trois rotules. On s'applique enfin à substituer des articulations ou des attaches flexibles aux assemblages rigides pour lier ensemble les pièces principales de la charpente métallique.

On a perfectionné les ponts roulants. Les ponts tournants reçoivent couramment des longueurs totales de 100 mètres et plus.

C. F. E.

Ponts suspendus; Transbordeurs. — Grâce aux récentes améliorations (tabliers rigides, dispositifs permettant de remplacer aisément les câbles, etc.) les ponts suspendus, si hardiment employés en Amérique, ont repris faveur en Europe. L'invention des *transbordeurs,* qui se rattachent aux ponts suspendus, fournit un excellent moyen de franchir les lits maritimes des rivières, sans gêner la navigation.

NAVIGATION INTÉRIEURE.

Canaux. — Il y a tendance très marquée, sur les canaux, à augmenter la capacité de la voie d'eau, à accroître en tous sens la section mouillée et à agrandir les écluses, de manière à pouvoir mettre en service des bateaux de 60 à 70 mètres de longueur, de 8 à 10 mètres de largeur et de 2 mètres au moins de tirant d'eau. Les difficultés de l'alimentation sont, le cas échéant, bien amoindries par l'emploi, devenu courant, des pompes refoulant dans le bief de partage l'eau puisée dans une rivière. On augmente de plus en plus la hauteur de chute des écluses (poussée jusqu'à 10 mètres), afin de réduire le nombre de celles-ci au grand avantage de la navigation. D'intéressantes innovations ont été faites dans la construction des ouvrages d'art (grand pont-canal de Briare en acier; ascenseur à flotteurs d'Henrichenburg; écluses à siphons du canal de l'Elbe à la Trave; portes de sûreté, tournantes autour d'un axe horizontal, du canal de Dortmund à l'Ems; barrages à écran central en tôle d'acier ou en béton armé; murs à contreforts et à évidements, protégeant contre les infiltrations les faces amont des barrages en maçonnerie); on s'efforce de substituer la traction mécanique à la traction animale; le touage électrique fonctionne avec succès dans deux souterrains de canaux français.

A l'exemple de l'Allemagne qui développe ses ports fluviaux avec autant d'ampleur que ses ports maritimes, on s'applique à faciliter, sur les canaux et sur les rivières, le dépôt et la manutention des marchandises, au moyen de bassins, de quais, de docks, de magasins, de hangars, d'élévateurs à blé, de culbuteurs de houille, de grues fixes ou roulantes, de cabestans, etc.

Signalons encore les recherches expérimentales entreprises, soit pour déterminer les formules de débit et leurs coefficients, soit pour reconnaître la meilleure forme des bateaux, soit pour fixer la vitesse maximum de ces bateaux dans un canal déterminé.

Rivières. — C'est surtout pour l'amélioration des rivières qu'il a été fait des progrès considérables. On a largement mis en pratique, dans la plupart des pays, les principes de régularisation appliqués d'abord sur la Garonne et sur le Rhône. Un lit majeur, limité par des digues insubmersibles, et assez spacieux pour renfermer les plus fortes crues, contient un lit mineur de largeur croissante de l'amont vers l'aval, limité par des épis plongeants ou par des digues basses longitudinales, et tracé de manière à former une suite d'inflexions à courbure progressivement variable. Cet aménagement du lit, convenablement approprié à chaque cas particulier, combiné avec des dragages

et, s'il y a lieu, avec des dérochements, a rendu les plus grands services à la navigation sur les rivières dont le débit en basses eaux peut suffire à porter des bateaux d'un fort tonnage. Sur les rivières d'un moindre débit, on continue à établir, sans changements essentiels, les barrages mobiles précédemment usités.

Des bateaux à vapeur brise-glaces, parfois d'une grande puissance, sont employés en Allemagne et en Russie, pour maintenir, durant l'hiver, la navigation libre dans les fleuves, dans les lacs, et surtout dans les estuaires aboutissant à de grands ports maritimes.

NAVIGATION MARITIME.

Ports. — Le constant et rapide accroissement du trafic maritime et du tonnage des navires a conduit à donner à beaucoup de ports de commerce des développements nouveaux, parfois très étendus. On augmente la largeur et l'aisance des accès, les dimensions et les profondeurs des bassins, les surfaces des terre-pleins, le développement des quais, la longueur et la largeur des écluses (au Havre, 240 mètres sur 30 mètres) et des formes de radoub (à Southampton, 244 mètres sur 38 mètres). On construit des wharfs et des appontements à charpente d'acier.

L'outillage surtout a fait de grands progrès. On a multiplié les docks, les magasins, les hangars, les grues fixes, roulantes ou flottantes, à vapeur, hydrauliques ou électriques, dont les plus fortes atteignent jusqu'à 150 tonnes de puissance; les dépôts et les engins de manutention destinés à des marchandises spéciales, grains, houille, pétrole. . . ; les appareils de radoub de divers systèmes et notamment les slips en travers; puis encore les remorqueurs, les voies ferrées, etc.

Dans les ports en plage de sable, on substitue, pour l'entretien du chenal, les dragages, dont l'effet est certain, aux chasses dont l'action est insuffisante et aléatoire. Un nouveau parti vient d'être adopté au port de Heyst-Zeebrugge. Le port est au large, adossé contre un môle qui communique avec la terre par une jetée à claire-voie, laissant cheminer les sables entraînés par le courant littoral. Des canaux maritimes ont été : tantôt creusés, comme à Kiel, pour traverser un isthme; tantôt, comme en Belgique, creusés ou approfondis, pour rendre à d'anciens ports de mer, situés dans les terres, le trafic qu'ils avaient perdu.

Môles, jetées. — La construction des ouvrages à la mer; môles, jetées, murs de quai, a reçu de nouveaux et notables développements. Nous avons déjà signalé ceux qui tiennent à l'emploi de grands caissons à air comprimé, fonctionnant comme cloches à plongeur. Les ouvrages battus par la mer, exécutés en blocs factices couvrant un amas de blocs naturels, ont pu être construits plus solidement avec un moindre cube de matériaux, grâce à l'emploi de blocs artificiels, plus grands et plus lourds, dont l'usage de puissants engins, titans et grues flottantes, a facilité la pose. On est arrivé en dernier lieu, à Bizerte et à Heyst-Zeebrugge, à composer les môles d'un seul rang

d'énormes blocs, mesurant jusqu'à 30 mètres de longueur sur 8 mètres de largeur et 10 mètres de hauteur, et pesant jusqu'à 5,000 tonnes. Ils consistent en une carcasse en béton, consolidée par une armature en tôle, qu'on met à flot par mer calme et qu'on remplit de béton après l'avoir coulée en place. On obtient ainsi, sous un volume réduit, des massifs inébranlables.

Phares. — On a exécuté, en Tunisie, avec beaucoup d'économie, des tours de phare en béton moulé. La structure des tours métalliques a fait de nouveaux progrès. On entreprend, sur la côte française de l'Atlantique, à 100 kilomètres au large de la Rochelle, la construction extraordinairement difficile d'une tour en maçonnerie, fondée à 8 mètres au-dessous des plus basses mers, sur un plateau rocheux, dans une mer presque constamment agitée.

CHEMINS DE FER.

Nous n'avons à nous occuper, dans la Classe 29, que de l'infrastructure. Parmi les travaux les plus considérables, signalons la construction du Canadian Pacific railway (4,676 kilomètres de Montréal à Vancouver), et surtout celle, non encore achevée, du Transsibérien (8,680 kilomètres de Moscou à Vladivostok), de cette colossale voie ferrée, conduite, dans le délai fixé, sauf le retard causé par la guerre, à travers la Sibérie, depuis l'Oural jusqu'aux mers de Chine et du Japon, de cette voie, qui va, tout ensemble, porter la vie dans un immense territoire et raccourcir des deux tiers, en temps et en argent, la distance de Moscou à Pékin. La rigueur du climat et le défaut presque absolu de ressources créaient de très grandes difficultés à l'exécution de ce transcontinental asiatique.

Des obstacles analogues, à cela près que la chaleur torride remplace le froid intense, se rencontrent dans l'établissement des chemins de fer coloniaux que, dans les dernières années, on a entrepris de lancer, depuis les côtes, à la conquête de l'Afrique centrale.

On a multiplié, dans les pays très accidentés, et surtout en Suisse, pour l'usage des touristes, les chemins de fer de montagne, à traction funiculaire et à crémaillère. Bientôt on parviendra en wagon jusqu'au sommet de la Jungfrau.

Après ce qui a été dit précédemment sur les ponts, les viaducs et les souterrains, il n'y a plus à parler ici des ouvrages d'art des chemins de fer. Mentionnons encore, cependant, à cause de la judicieuse originalité de leurs dispositions et de l'extrême modicité de leur prix, les ponts et les viaducs en acier et en ciment armé des chemins de fer départementaux de la Sarthe.

Les chemins de fer à voie étroite prennent de plus en plus d'extension, de même que les chemins de fer sur routes. Ces voies ferrées économiques complètent et alimentent les lignes principales.

TRAVAUX DE DÉFENSE CONTRE LES EAUX FLUVIALES.

De très grands travaux ont été continués ou entrepris à nouveau dans divers pays, notamment aux États-Unis (bassin du Mississipi), en Hongrie (bassins du Danube et de la Tisza), en Italie (basses vallées du Pô et de l'Adige, Tibre et autres cours d'eau), dans les Pays-Bas (cours inférieurs du Rhin et de la Meuse), en vue de défendre contre les crues, soit des territoires cultivables, parfois extrêmement vastes, comme aux États-Unis et en Hongrie, soit des villes, telles que Rome, Budapest, Szeged, etc. Tantôt ces travaux intéressent seulement l'agriculture, tantôt ils intéressent en même temps la navigation et l'agriculture. On s'attache à disposer, en écartement, en pente longitudinale et en hauteur, les digues enfermant le lit majeur et les ouvrages limitant le lit mineur, de telle sorte que le cours d'eau acquière un régime stable, c'est-à-dire qu'il porte à la mer exactement ce qu'il enlève à la montagne. Dans la Haute-Silésie, on entreprend, suivant un système imaginé de longue date, mais inappliqué jusqu'ici, de rendre les crues inoffensives en en modérant l'écoulement à l'aide de réservoirs, qui serviront aussi à créer de la force motrice.

TRAVAUX D'ÉDILITÉ.

Moyens de transport. — On s'applique de plus en plus à améliorer, dans les villes, les conditions de viabilité, de transport des personnes et de salubrité. Des chemins de fer métropolitains, aériens ou souterrains, exploités en général électriquement, et qu'il y a lieu de ventiler quand ils sont enfouis dans le sol, s'établissent dans les principales agglomérations. Parmi ces instruments de circulation, le chemin de fer électrique, suspendu et monorail, de Barmen-Elberfeld-Wohwinkel, mérite une mention spéciale. Les tramways urbains, très développés de bonne heure aux États-Unis, se multiplient de toutes parts, et la traction mécanique, le plus souvent électrique, évince de plus en plus la traction par chevaux.

Alimentation en eau. — L'alimentation en eau potable fait des progrès incessants. On s'attache à fournir une centaine de litres par jour et par habitant. On se les procure tantôt par l'adduction d'eaux de source, captées avec soin et amenées parfois de très loin, dans des réservoirs placés assez haut pour alimenter les quartiers les plus élevés ; tantôt par des prises d'eau faites en rivière, avec le secours d'appareils filtrants ou stérilisants de divers systèmes et de machines élévatoires qui refoulent l'eau dans des réservoirs permettant de la distribuer partout. De fréquentes analyses chimiques et bactériologiques sont instituées pour reconnaître la qualité des eaux et permettre de remédier à leur altération accidentelle.

Égouts, épandages. — Les eaux usées de diverses provenances sont : tantôt entraînées avec les eaux de pluie, dans des égouts à grande section ; tantôt refoulées au moyen de chasses dans un réseau de conduites forcées. Le système du tout-à-l'égout tend à prévaloir. L'évacuation a lieu, s'il est possible, soit dans un très grand fleuve, soit dans la mer, à bonne distance de la ville, et, à défaut de ces moyens, dans des champs d'épandage disposés sur un terrain très perméable.

Éclairage. — L'éclairage au gaz a reçu, quant à la fabrication et au pouvoir éclairant du gaz, de très grands perfectionnements qui lui permettent de lutter, non sans succès, au moins sur la voie publique, avec l'éclairage électrique (sauf pourtant lorsque des chutes d'eau peuvent fournir la lumière électrique sans consommation de houille). Par contre, la lumière électrique, beaucoup moins échauffante et d'usage plus commode que celle du gaz, est de plus en plus recherchée pour l'éclairage privé. Il ne manque à l'électricité, pour l'emporter sur le gaz dans les usages domestiques, que d'être rendue apte à chauffer les habitations et à cuire les aliments. En définitive, les usines électriques, capables de fournir à distance, au moyen de conducteurs tenant peu de place, très souples, faciles à poser et à visiter, de la lumière et de la force, susceptibles de pourvoir tout ensemble à l'éclairage, aux transports de toute sorte et à la distribution de force motrice pour les besoins industriels, se multiplient rapidement dans l'intérieur ou dans le voisinage des villes, et constituent sans doute la plus importante et la plus originale des innovations introduites sur la fin du dernier siècle.

Grâce à l'empressement et à l'ampleur avec lesquels presque tous les États civilisés ont exposé dans la Classe 29, les innovations et les perfectionnements mentionnés précédemment se trouvaient à peu près tous présentés au public. Deux grands États seulement s'étaient, sinon abstenus, du moins restreints à une trop faible et trop incomplète contribution. L'Angleterre, ce pays classique du fer, patrie de la machine à vapeur, de la locomotive, des ponts et des halles métalliques, l'Angleterre qui, avec l'appoint fourni par ses colonies indiennes, africaines et australiennes, aurait pu paraître avec éclat dans la section des travaux publics, y a presque réduit son exposition à ces photographies de sites et de monuments affichées dans les gares pour inciter aux voyages circulaires. Si le Canada ne s'était pas mis en frais, l'exposition anglaise se fût restreinte, pour le Jury de la Classe 29, au seul plan du port de Southampton. L'Espagne aussi, qui était en mesure de tenir, avec ses travaux publics, et notamment avec ses ouvrages maritimes, une place honorable dans la Classe 29, y a borné sa participation à quelques exhibitions particulières.

Si les deux États précités avaient pris la part qui leur revenait, on peut dire que l'exposition des travaux publics du monde entier se fût présentée, au grand complet, avec une splendeur incomparable. Telle qu'elle était, en dépit des lacunes que nous venons de signaler et de quelques autres de moindre importance, cette exposition dépassait encore, par la somme des efforts accomplis, soit pour l'exécution des travaux,

soit pour leur mise en montre, tout ce qu'on avait pu voir dans les précédents concours internationaux.

Non seulement les grands États : la France, l'Allemagne, la Russie, les États-Unis, l'Autriche, la Hongrie, l'Italie, mais encore les États plus petits ou moins peuplés : la Belgique, la Hollande, la Suisse, la Roumanie, le Mexique, la Norvège, le Danemark, le Canada. . . . . avaient fait de leur mieux pour donner, par des modèles, des dessins et des notices, une juste idée de leurs travaux publics, et pour paraître avec avantage dans cette solennité internationale marquant la fin d'un siècle si fécond en découvertes scientifiques et en entreprises techniques.

Chaque pays avait choisi ce qu'il y avait de plus caractéristique et, par suite, de plus intéressant pour lui-même et de plus instructif pour autrui, parmi les ouvrages exécutés au cours de la dernière période décennale : la Belgique, des ports et des canaux maritimes; la Hollande, des ports de mer et des améliorations de rivières et d'estuaires; la Suisse, des installations hydro-électriques et des chemins de fer de montagne; le Mexique, des travaux d'assainissement et des ports maritimes; la Roumanie, les ponts de Cernavoda, des ports fluviaux et maritimes; la plupart des grandes villes de l'Ancien et du Nouveau Monde, des travaux d'alimentation en eau et d'assainissement, des chemins de fer et des travaux urbains; l'Italie, des travaux hydrauliques et des ouvrages d'art de chemins de fer; la Hongrie, des corrections de rivières et des assainissements de vallées; l'Autriche, des régularisations et des canalisations de rivières; les États-Unis, des travaux d'amélioration de rivières et de défense contre les crues, des canaux de navigation intérieure, de grands ponts métalliques; la Russie, le colossal transsibérien, des améliorations de rivières et de canaux, des ports maritimes, des écoles techniques; l'Allemagne un très bel ensemble de travaux : ports et canaux maritimes, améliorations de fleuves, ports fluviaux, canaux de navigation intérieure, brisement des glaces, grands ponts, outillage mécanique des ports, travaux pneumatiques, ouvrages métalliques pour l'étranger; la France, enfin, des travaux de navigation intérieure et de navigation maritime, des ponts et autres ouvrages d'art, des travaux à l'air comprimé, des chemins de fer et des routes dans les colonies, des ouvrages divers à l'étranger.

La précédente énumération laisse paraître la faveur en laquelle sont tenus aujourd'hui les travaux hydrauliques. Cette faveur avait été grande durant la période qui précéda l'ère des chemins de fer; mais la construction de ceux-ci, plus intéressante pour la masse du public que celle des canaux, avait fait délaisser la navigation intérieure, et il fallut, pour qu'elle revînt en honneur, que le gros des voies ferrées fût construit.

Ce résultat est maintenant atteint dans la plupart des États de civilisation avancée qui, soit en Europe, soit en Amérique, occupent la zone tempérée de l'hémisphère Nord. Aussi, voit-on ces États se porter de nouveau et, de plus en plus, à de grandes entreprises d'amélioration fluviale et de canalisation. La France, la Belgique, la Hollande qui, de longue date, avaient pris l'avance sur les autres pays, poursuivent le développement et l'amélioration de leurs réseaux navigables. L'Allemagne, admirablement appropriée, par la constitution de son territoire, aux travaux de cette nature, était

restée longtemps en retard; mais elle se hâte de regagner le temps perdu, et son exemple est particulièrement instructif à raison des résultats décisifs qu'elle a immédiatement obtenus. Pendant l'intervalle de vingt ans, compris entre 1875 et 1895, quoique les voies navigables allemandes n'aient pas sensiblement varié de longueur, les perfectionnements qu'elles ont reçus y ont fait passer le trafic de 2,900 millions à 7,500 millions de tonnes kilométriques. Même, ce trafic s'est élevé, en 1898, au chiffre de 10,700 millions. Et pourtant, une augmentation considérable du réseau des voies ferrées (69 p. 100) rendait plus active la concurrence des chemins de fer. Mais l'expérience a montré que les deux modes de transport, par eau et sur rails, ne sont nullement exclusifs l'un de l'autre. Il y a part pour chacun dans le trafic général, à condition bien entendu que ce trafic mérite qu'on se mette en doubles frais pour le desservir ou l'étendre.

Le développement des ports maritimes, lié à celui des chemins de fer autant qu'à celui des voies navigables, a suivi une marche plus constante que ce dernier. D'incessants progrès y sont d'autant plus nécessaires que la concurrence internationale a plus d'occasions et de facilité pour s'exercer entre les ports des différents pays qu'entre leurs voies de transport intérieures.

Les travaux relatifs aux voies de communication sont loin de suivre, dans chaque État, un développement uniforme. Comme les principales de ces entreprises s'exécutent en général à l'aide d'emprunts, il faut les espacer pour ne pas épuiser les ressources financières. La prudence veut, en effet, qu'on attende, pour commencer une nouvelle entreprise, que la précédente ait assez accru la richesse du pays pour le mettre en mesure de supporter une nouvelle charge. On est ainsi conduit à procéder par élans successifs, séparés les uns des autres par des temps de moindre activité; et de là résulte, eu égard à la brièveté du délai compris entre deux grandes Expositions, que les travaux publics, enfermés dans ce délai, se présenteront dans des conditions inégales pour les différents États. Ici paraîtront les brillants résultats d'une période d'expansion, ailleurs ne se montreront que les fruits plus modestes d'une période de parachèvement ou de préparation. C'est ainsi, par exemple, si l'on se borne à considérer les grands États de l'Europe continentale, que la France, l'Italie, l'Autriche avaient de très importants et très beaux travaux à exposer en 1889 et que l'avantage est passé, en 1900, à l'Allemagne, à la Russie, à la Hongrie. Pour donner une juste idée du labeur de chaque pays, pour compenser entre elles les alternatives de haut et de bas qui se produisent dans les divers milieux, il faudrait allonger la période de comparaison en substituant le quart de siècle au délai décennal. Il importait, par souci d'équité, de faire cette remarque, par laquelle se termineront nos observations générales sur les travaux publics exposés dans la Classe 29.

TRAVAUX DE L'EXPOSITION.

De toutes les parties du spectacle offert à la foule par une Exposition universelle, la plus attachante, sans contredit, se compose des bâtiments mêmes de l'Exposition. Les

objets exposés ont des publics spéciaux; ils ne sont pas vus par tous les visiteurs. Les bâtiments, au contraire, frappent tous les yeux. Ce sont eux qui donnent à l'Exposition sa figure, qui forment l'image dont on garde le souvenir.

Aussi a-t-on raison de s'appliquer, lors de chaque nouvelle Exposition, à imprimer aux édifices une physionomie originale, qui tranche avec les aspects des Expositions antérieures. On n'a point failli, en 1900, à observer cette règle. Nous avons vu précédemment que l'usage de nouveaux matériaux avait introduit des changements dans le système de construction. L'acier a été très largement employé, non seulement dans les piliers et dans les fermes, mais encore dans les cloisons, à l'état de métal déployé, dans les planchers et dans les voûtes, à l'état d'armatures enveloppées de ciment. Il en est résulté des charpentes plus hardies et plus sveltes que celles en tôle de fer des Expositions antérieures. Ces changements, toutefois, n'étaient pas de nature à entraîner des modifications essentielles dans le caractère des édifices. Pour transformer ce caractère, on a dû recourir à d'autres moyens.

Comparons entre elles, dans les Expositions de 1889 et de 1900, les parties extérieures des bâtiments. En 1889, le métal, associé à la terre cuite, demeurait apparent dans les façades des principaux palais. La mise en évidence de la construction engendrait des formes rationnelles, un peu sèches parce qu'elles étaient commandées par la structure des ossatures métalliques, mais d'une loyale et sobre élégance. La décoration était traitée dans le même esprit. Elle résultait de la peinture des fers et de la coloration naturelle des autres matériaux.

Tout différent est le parti adopté en 1900. Plus de fers apparents. La charpente métallique sert de support à une décoration en plâtre, qui la masque entièrement. Elle reçoit les formes commandées par cette décoration, et non plus celles que comporte l'emploi normal et visible du métal. De là, entre le fond et la forme, un manque d'harmonie, qui serait assurément blâmable dans une construction monumentale faite pour durer. Mais il ne s'agissait ici que d'ouvrages éphémères, élevés pour une saison, et le système adopté offrait alors un double avantage. Il avait pour premier mérite de se prêter à des aspects totalement différents de ceux dont l'Exposition de 1889 avait laissé le souvenir. Il permettait ensuite, grâce à l'extrême liberté qu'il comportait dans le choix des formes, de composer des façades avec une variété de partis et une souplesse de linéaments pour ainsi dire illimitées.

On a largement usé de cette faculté. Laissant de côté les ordonnances classiques prodiguées à Chicago, on a élevé, en les subordonnant suffisamment à un plan d'ensemble, des édifices pleins de fantaisie, grassement étoffés, brillamment découpés sur le ciel, dont l'aspect de plantureuse allégresse convenait bien pour célébrer le triomphe du progrès matériel accompli au cours du siècle finissant. A l'Exposition rose et bleue, correctement élégante, de 1889, qui fut dans son genre une merveille, a succédé ainsi, très heureusement, la blanche, l'éclatante, la féerique Exposition de 1900, qui, traitée dans un mode tout différent, a fait, comme son aînée, la joie de Paris et conquis l'admiration de ses cinquante millions de visiteurs.

Ses façades en plâtre la condamnaient à disparaître sans délai, et cette suppression obligatoire doit encore compter pour un avantage. Les légers palais de 1889 avaient été bâtis assez bien pour qu'on ait essayé d'en conserver quelques-uns ; ceux-ci, toutefois, furent rasés quand même. Les palais de 1900 se démolissent de plein droit, sans opposition ; et, malgré le regret de voir tomber les merveilleux décors qu'avaient été, pour les rives de la Seine, les palais du quai des Nations et le Vieux Paris, on ne doit pas se plaindre de leur destruction. Il est bien que, sitôt le rideau abaissé, au bruit des derniers applaudissements, les féeries s'évanouissent. Elles ne sont pas faites pour vieillir.

Mais, à côté des édifices éphémères, l'Exposition de 1900 comprenait des monuments durables, qui en perpétueront la mémoire. Aucune des Expositions antérieures ne lui est comparable à cet égard. Le pont Alexandre III et les deux palais des Champs-Élysées composent un magnifique ensemble de constructions décoratives, admirablement disposées pour embellir Paris, et qui sont en même temps des constructions utiles. Et il se trouve ainsi que l'Exposition de 1900 a été parfaitement entendue sous le rapport du parti adopté pour la structure de ses divers bâtiments, selon leur emplacement, leur destination et leur durée.

Juin 1901.

F. de Dartein.

MODÈLES, PLANS ET DESSINS

DE TRAVAUX PUBLICS.

PREMIÈRE PARTIE.

TRAVAUX PUBLICS.

FRANCE.

A la période de très grande activité dans l'exécution des travaux publics, instaurée, en 1878, par l'adoption du *programme Freycinet*, et comprise à peu près entre les deux Expositions universelles de 1878 et de 1889, a succédé, suivant le cours ordinaire des choses, une période relativement calme. Dans cette dernière période, les dépenses ont été notablement réduites, et l'on s'est borné en général à terminer ou à continuer des travaux commencés. On s'était proposé, en janvier 1878, de porter de 21,000 à 37,000 kilomètres la longueur du réseau des chemins de fer d'intérêt général, et de dépenser un milliard en divers travaux de navigation, tant intérieure que maritime. Ce résultat s'est trouvé atteint à la fin de 1896. Au 31 décembre de cette année, la longueur exploitée des chemins de fer d'intérêt général montait à 36,891 kilomètres, et l'on avait dépensé, en travaux de navigation, 1,144 millions, dont 624 millions pour la navigation intérieure et 520 millions pour la navigation maritime.

Le programme primitif avait été rédigé hâtivement. Aussi ne l'a-t-on pas exécuté à la lettre. On l'a perfectionné en mettant à profit les délais de l'exécution et les retards que cette exécution a éprouvés à partir de 1885. On a restreint ou supprimé quelques travaux susceptibles de réduction ou d'ajournement, et on leur en a substitué d'autres d'une utilité plus immédiate. Il a fallu aussi donner satisfaction aux nouveaux besoins qui se sont manifestés sur divers points, notamment dans certains ports maritimes.

Dans les derniers temps, les travaux publics des colonies ont pris beaucoup d'extension. En Tunisie, au Sénégal, sur la côte de Guinée, à Madagascar, en Indo-Chine, on s'est activement occupé d'installations maritimes, de routes et de chemins de fer. De nombreux projets, dont plusieurs fort importants, sont à l'étude ou en cours d'exécution. Presque tous ces travaux sont à la charge des colonies.

Nous en resterons là, pour cette revue d'ensemble, que nous nous réservons de compléter au fur et à mesure que nous aborderons l'examen des différentes catégories d'ouvrages en lesquels se partagent les travaux publics de la France.

IMPRIMERIE NATIONALE.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

L'exposition du Ministère des travaux publics sera passée en revue, suivant l'ordre de son catalogue spécial, qui se divise en six sections : Routes et Ponts, Navigation intérieure, Navigation maritime, Chemins de fer, Administration centrale, École des Ponts et Chaussées.

I. ROUTES ET PONTS.

Cette section est très réduite. Les routes n'y sont pas représentées. C'est que l'on construit maintenant peu de grandes routes, et que, les chemins vicinaux, ressortissant au Ministère de l'intérieur, n'ont pas leur place ici.

Du moment que l'on construit peu de grandes routes, on bâtit également peu de ponts sur ces routes. Cependant on a parfois à remplacer, par un nouveau pont en maçonnerie, un ancien pont du moyen âge, devenu caduc, tel le *pont de Bléré,* ou un pont suspendu dont la résistance donne des inquiétudes, tel le *pont d'Argentat.* C'est dans les villes que l'occasion de bâtir de grands ponts se présente encore le plus fréquemment.

On en a construit deux à Paris depuis 1889 : le pont Mirabeau et le pont Alexandre III. Ils sont tous deux métalliques. Le dernier, faisant partie des travaux de l'Exposition, sera examiné plus loin.

Pont Mirabeau. — Cet important ouvrage, établi sur la Seine pour mettre le quartier de Javel en communication avec celui d'Auteuil, a été construit du mois de juin 1893 à la fin de décembre 1895. Sa largeur entre garde-corps est de 20 mètres. Il comprend une grande arche centrale de 93 m. 20 d'ouverture et deux travées latérales de 32 m. 42. Les fermes métalliques en acier, au nombre de sept, espacées de 3 mètres, reposent sur deux piles culées, en maçonnerie, fondées à l'air comprimé.

Chaque ferme se compose de deux moitiés symétriques, reposant sur les piles par des rotules, reliées à la clef par une articulation et attachées aux culées par des ancrages à bielles. Chaque demi-ferme ou *cantilever,* mesurant 86 m. 97 de longueur (dont 49 m. 67 pour la volée et 37 m. 30 pour la culasse), est limitée, à la partie supérieure, par un longeron rectiligne, incliné à 0 m. 02 et, à la partie inférieure, par deux arcs, profilés à l'intrados suivant des arcs de parabole. L'épaisseur de la ferme est de 0 m. 84 à la clef, 5 m. 35 au droit de la rotule, et 0 m. 50 au bout de la culasse. Des montants verticaux et des barres obliques, inclinés en sens opposé dans la volée et dans la culasse, relient le longeron aux arcs dans l'étendue des tympans. Le surbaissement de la grande arche est de 1/16.

Les deux volées s'arc-boutent mutuellement, exerçant l'une contre l'autre une poussée qui se réduit à environ 500 tonnes, grâce à ce que le poids des volées est équilibré

en grande partie par celui des culasses. Par suite, la dimension transversale des piles culées a pu être réduite à 10 mètres.

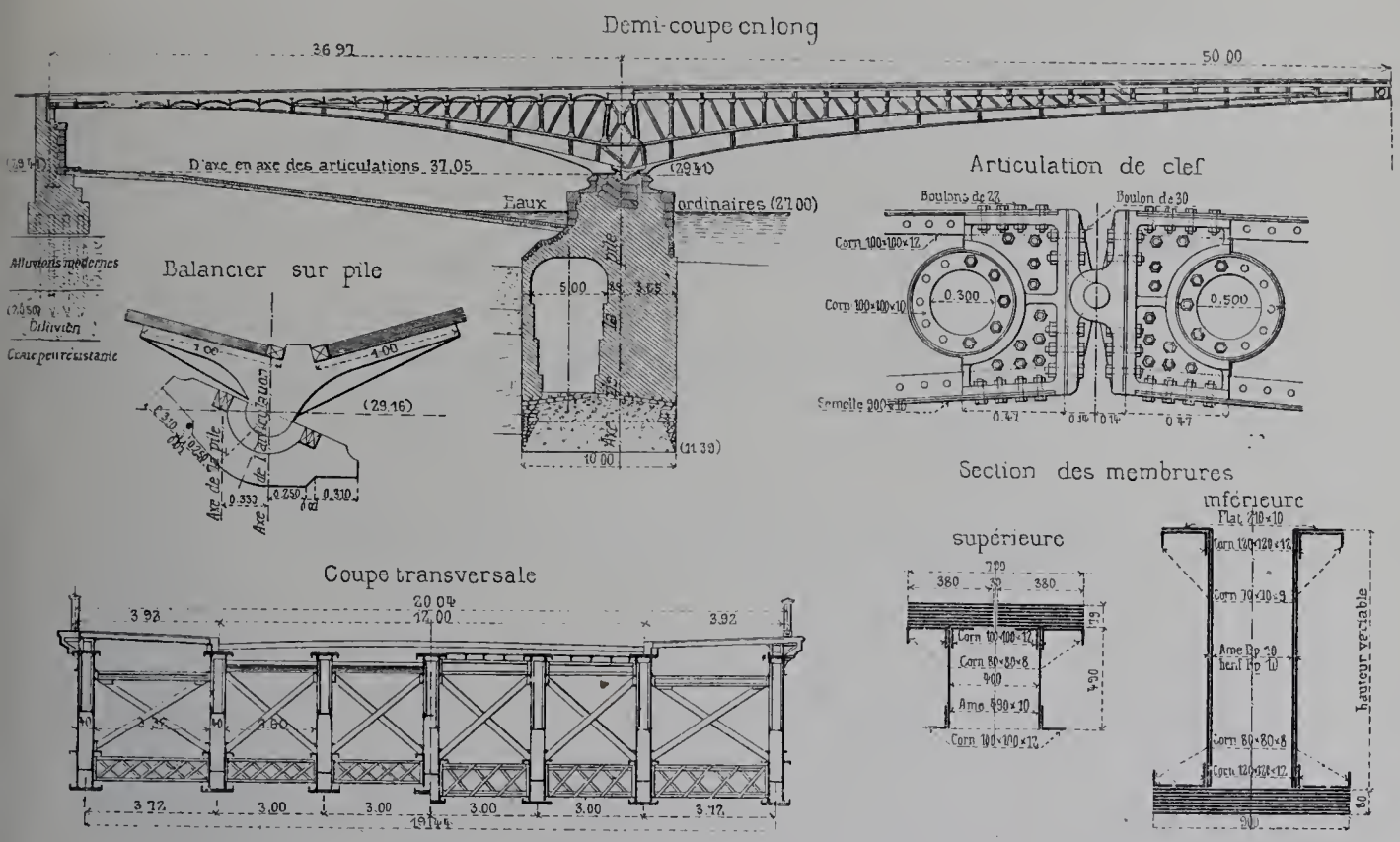


Fig. 1. — Pont Mirabeau, sur la Seine, à Paris.

Le poids du métal est de 2,744 tonnes.

Le cube des maçonneries monte à 10,800 mètres cubes.

La dépense s'est élevée à 2,090,500 francs.

Quatre grandes figures en bronze décorent les avant-becs des piles.

Le pont Mirabeau offre une remarquable application du type cantilever avec rotules à un pont très surbaissé.

Le projet en a été dressé par M. l'ingénieur en chef Jean Résal, qui a dirigé l'exécution des travaux avec l'assistance de M. l'ingénieur Alby et avec le concours de MM. les conducteurs Boucher et Lavallez.

Pont Boucicaut, construit sur la Saône, à 15 kilomètres au nord de Chalon, de 1888 à 1890, aux frais de Mme Boucicaut; composé de cinq arches en maçonnerie de 40 mètres d'ouverture et de 5 mètres de flèche (surbaissées à 1/8); large de 8 mètres entre parapets; appuyé sur des piles de 4 mètres d'épaisseur aux naissances; fondé sur des caisses sans fond remplies de béton et portées par des pieux enveloppés d'enrochements.

La très notable originalité de cet ouvrage consiste dans le profil des arcs en forme de chaînette et dans la faible épaisseur des voûtes, qui mesurent seulement 1 m. 05 d'épaisseur à la clef et 1 m. 24 aux naissances.

Grâce à l'emploi d'un profil en chaînette, on peut tracer une courbe de pression qui passe à peu près par les milieux de tous les points.

La faible épaisseur des voûtes, très avantageuse au point de vue de la dépense, est motivée par la considération que, dans les grandes arches surbaissées, on ne réduit pas sensiblement les pressions en augmentant l'épaisseur au delà d'une certaine limite, qui correspond à l'utilisation convenable des matériaux. Ainsi, la pression moyenne à la clef, qui est de 19 kilogr. 9 par centimètre carré pour l'épaisseur de 1 m. 05, descendrait seulement à 17 kilogr. 3 pour une épaisseur de 1 m. 50 et à 15 kilogr. 8 pour une épaisseur de 2 mètres.

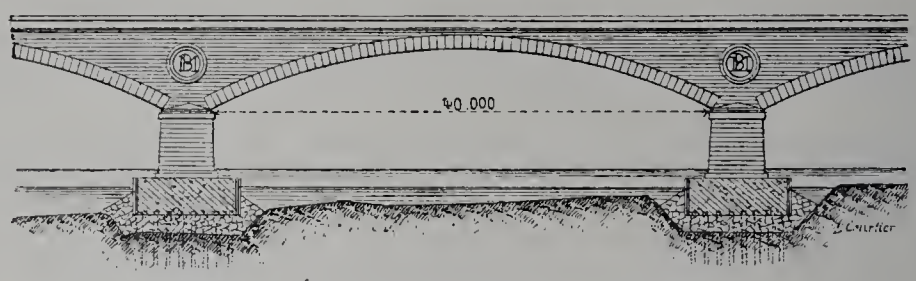


Fig. 2. — Élévation d'une arche du pont Boucicaut.

Le pont Boucicaut a coûté 486,000 francs, soit 2,077 francs par mètre courant, 234 francs par mètre superficiel en plan et 171 francs par mètre superficiel en élévation.

Le projet a été dressé par M. l'ingénieur Tourtay, qui a dirigé les travaux sous les ordres de M. l'ingénieur en chef Jozon, avec le concours de M. le conducteur Mühlemann.

II. NAVIGATION INTÉRIEURE.

Les travaux considérables exécutés sur la Seine, sur le Rhône et sur la Saône pour améliorer la navigation de ces cours d'eau, la construction, avec des dispositions nouvelles, de grands barrages éclusés sur la Seine, l'accroissement du tirant d'eau et de la chute des écluses sur divers canaux, la création de nouveaux réservoirs d'alimentation, tous travaux accomplis durant la période de dix années qui a précédé l'Exposition de 1889, ont fait de cette période, au cours de laquelle les dépenses relatives aux travaux neufs se sont élevées, en 1883, pour la seule navigation intérieure, jusqu'au chiffre de 72 millions, une période sans précédents pour le progrès de cette navigation.

Quoique moins importants, les travaux de la période suivante, présentés à l'Exposition de 1900, offrent encore, à beaucoup d'égards, grand intérêt. Parmi les plus notables, signalons d'abord ceux exécutés sur le

CANAL LATÉRAL À LA LOIRE.

Le canal était, à Châtillon-sur-Loire, coupé par la Loire dont il empruntait le lit pour passer d'une rive à l'autre. Il résultait de cette traversée à niveau d'un fleuve de régime très variable, de grandes difficultés pour la navigation. Pour y remédier, on a

construit, à cinq kilomètres plus bas, auprès de Briare, un pont-canal qui fait passer le canal latéral au-dessus du fleuve, et qui se raccorde avec les deux parties préexistantes de ce canal au moyen d'un bief de jonction de 18 kilomètres de longueur, dont le plan d'eau normal s'élève à 11 m. 40 au-dessus de l'étiage de la Loire.

Pont-canal de Briare. — La substitution d'une bâche en tôle à une cuvette maçonnée, portée sur des voûtes, permet d'abaisser notablement le plafond d'un pont-canal. Dès avant 1867, on avait exécuté en tôle la cuvette du pont-canal de l'Albe, sur le canal des houillères de la Sarre. D'autres ponts-canaux à cuvette métallique avaient été bâtis plus récemment sur les canaux de la Marne à la Saône et de l'Oise à l'Aisne. Le même système fut appliqué au grand pont-canal de Briare, qui, mesurant 600 mètres de longueur, est le plus long des ponts-canaux construits en France (le pont-canal d'Agen, sur la Garonne, composé de 23 arches de 20 mètres, mesure 580 mètres). La bâche, en tôle d'acier, comprend 15 travées solidaires de 40 mètres de portée d'axe en axe, appuyées sur des piles en maçonnerie de 3 mètres d'épaisseur, fondées pneumatiquement à une profondeur sous l'étiage qui varie entre 5 m. 50 et 8 m. 50. Les parois latérales de cette bâche sont formées par les âmes pleines, de 9 millimètres d'épaisseur, des poutres en double T, hautes de 3 m. 40 et espacées d'axe en axe de 7 m. 26, qui portent les charges d'une pile à l'autre. Le fond de la bâche est constitué par une enveloppe en tôle, à coins arrondis, rivée sur les âmes des poutres principales et appuyée sur les pièces de pont, hautes de 0 m. 72 et espacées de 1 m. 45, qui reposent sur les semelles de ces poutres. La largeur laissée libre pour la circulation des bateaux entre les fourrures de garde, en bois, disposées à fleur d'eau, est de 6 m. 20. Les deux chemins de halage, de 2 m. 50 de largeur, sont établis en encorbellement à l'extérieur des grandes poutres, sur de hautes consoles en tôle. La largeur totale de l'ouvrage, entre les garde-corps métalliques, est de 11 m. 50. Le tirant d'eau normal est de 2 m. 20.

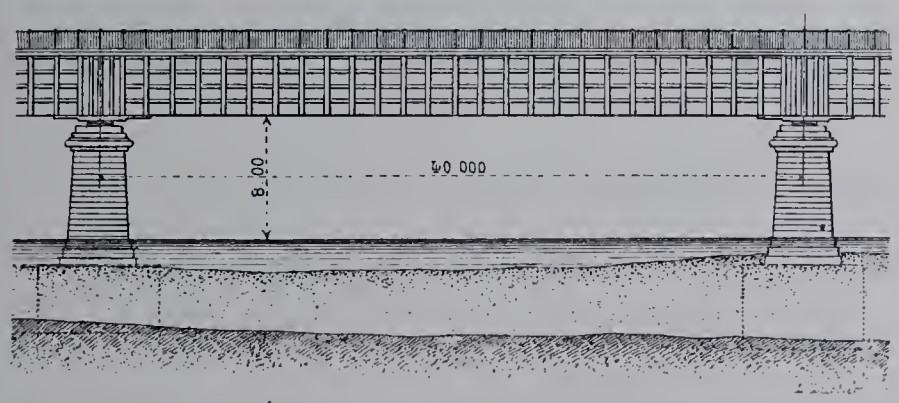


Fig. 3. — Élévation d'une travée du pont-canal de Briare.

Les poutres principales, appuyées à frottement sur l'une des piles du milieu, reposent sur les autres piles par l'intermédiaire de chariots de dilatation qui leur permettent de s'allonger ou de se raccourcir de part et d'autre du point fixe central, à la demande des variations de la température. Des joints en caoutchouc, des tôles juxta-

posées à frottement serré et des étoupes maintenues par des tampons assurent l'étanchéité de la cuvette à ses deux extrémités.

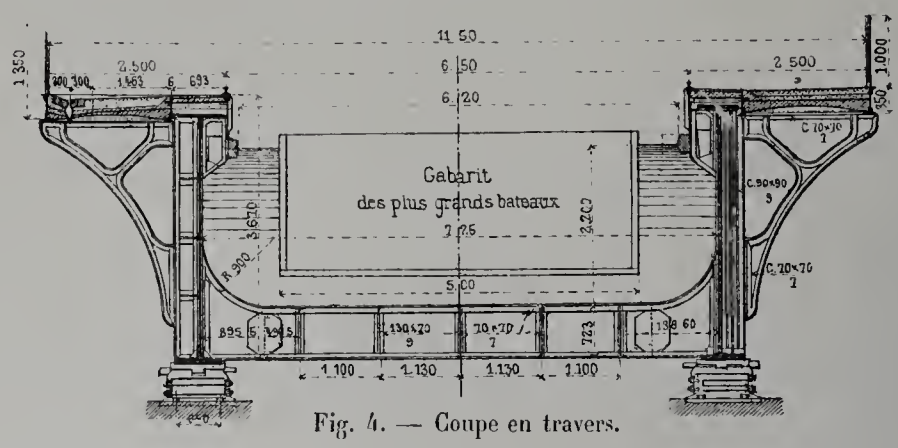


Fig. 4. — Coupe en travers.

Des portes de garde sont établies dans les deux culées et des vannes de vidange dans les extrémités de la bâche métallique.

Les dimensions des tôles ont été calculées de manière que l'effort maximum, sous l'action des charges statiques, ne dépasse point 10 kilogrammes par millimètre carré.

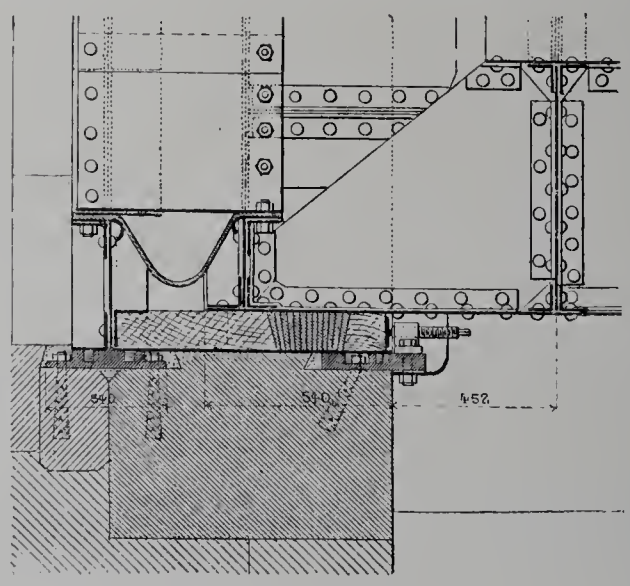


Fig. 5. — Joint étanche.

Les travaux ont été exécutés de 1891 à 1894.

Le poids des ouvrages métalliques est de 2,989,161 kilogrammes.

La dépense totale s'est élevée à 2,864,526 francs.

Le pont-canal de Briare et les autres ouvrages décrits ci-dessous, du canal latéral à la Loire et du canal de Roanne à Digoin, ont été projetés et exécutés par M. l'ingénieur en chef Mazoyer, assisté de nombreux et dévoués collaborateurs, parmi lesquels le Jury a particulièrement distingué : pour le canal latéral à la Loire, MM. les ingénieurs Sigault et Cléry et M. le conducteur Morin, et, pour le canal de Roanne à Digoin, M. l'ingénieur Rolland de Ravel.

Parmi les autres travaux exécutés sur le canal latéral à la Loire, soit pour porter le

tirant d'eau de 1 m. 60 à 2 m. 20, soit pour établir ou améliorer des ouvrages d'art, nous citerons les suivants :

La construction du *pont-canal en maçonnerie de Saint-Firmin,* pour livrer passage sous le canal, près le pont de Briare, à une route départementale. La section normale, à berges inclinées, du canal latéral est conservée au-dessus de cet ouvrage, ce qui a permis de relever les voûtes vers les têtes, sous les talus du canal, en manière d'ébrasements ou de trompes, au profit de l'éclairement du passage de 25 mètres de longueur, compris entre les têtes.

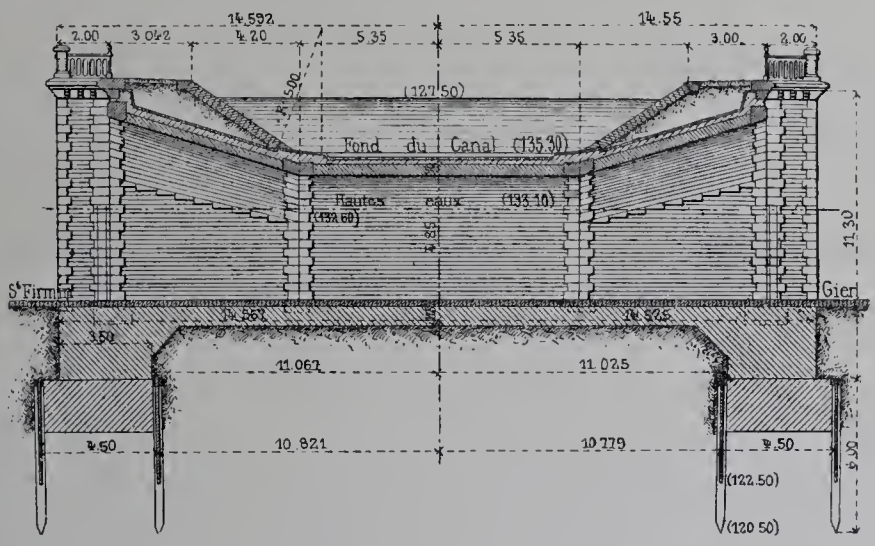


Fig. 6. — Pont-canal de Saint-Firmin : coupe en travers.

L'*exhaussement* de 0 m. 60 (pour accroître d'autant le tirant d'eau) et la restauration de la cuvette très avariée des grands *ponts-canaux de Digoin sur la Loire, et du Guétin sur l'Allier,* construits de 1830 à 1840 et comprenant : le premier, 11 arches ; et le second, 18 arches de 16 mètres d'ouverture.

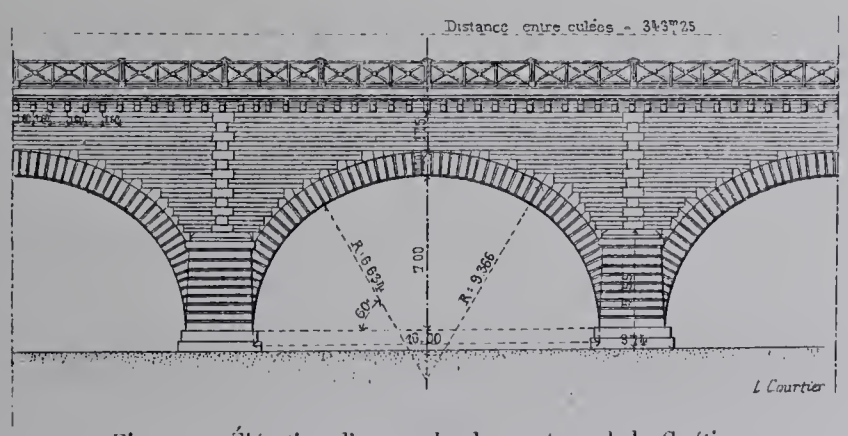


Fig. 7. — Élévation d'une arche du pont-canal du Guétin.

Les *deux écluses accolées à grande chute du Guétin,* immédiatement consécutives au pont-canal du Guétin, construites, moyennant un travail poursuivi nuit et jour, durant les deux chômages de 1895 et de 1896, pour remplacer trois anciennes écluses devenues trop courtes, qui existaient dans le même emplacement avec une chute totale de 9 mètres.

Le *pont-rivière d'Oudon,* substitué à une ancienne arche en maçonnerie, trop massive

et trop basse, pour faire passer les eaux de l'Oudan par-dessus le canal. Il consiste en une bâche métallique, d'une structure analogue à celle du pont-canal de Briare.

CANAL DE ROANNE À DIGOIN.

Écluse à grande chute de Bourg-le-Comte, construite en deux campagnes (1898 et 1899), en remplacement de deux écluses séparées par un bief court de 239 mètres. La chute de la nouvelle écluse est de 7 m. 19. Un masque fixe métallique est établi en travers de l'écluse, au droit des portes d'aval, immédiatement sous la crête des bajoyers. Les deux vantaux, disposés en prolongement l'un de l'autre, comme ceux d'une porte ordinaire, viennent s'appuyer contre le bord inférieur de ce masque par leurs traverses de tête, de telle sorte que l'ensemble des deux vantaux prend appui, la porte étant fermée, sur tout le pourtour rectangulaire de l'espace qu'ils occupent. La hauteur du masque fixe, réglée à 3 mètres, est telle que les bateaux sortant du sas ou y entrant trouvent, sous le bord inférieur de ce masque, une hauteur libre d'au moins 3 m. 70. Les portes d'aval, qui, dans le système habituel, auraient ici 10 mètres d'élévation, se trouvent ainsi notablement raccourcies et beaucoup plus sûrement appuyées.

On avait construit antérieurement des masques fixes en maçonnerie. La substitution d'un masque mince en métal à une voûte maçonnée, réalisée pour la première fois à l'écluse de Bourg-le-Comte, offre l'avantage de réduire la longueur des bajoyers et permet en outre d'établir commodément à l'aval de la porte et, par suite, à l'air libre les mécanismes de manœuvre de cette porte.

Le poids de chaque vantail, de 7 m. 30 de hauteur, est de 10,130 kilogrammes, et celui du masque fixe est de 13,360 kilogrammes. La dépense totale pour la construction de l'écluse s'est élevée à 338,900 francs.

CANAL DU CENTRE.

Rigole régulatrice des biefs de Rully. — Quand les biefs d'un canal sont très courts, le jeu des écluses y occasionne d'incessantes variations de niveau, très incommodes pour la navigation. Cet inconvénient était particulièrement sensible dans les cinq petits biefs de la plaine de Rully, dont les longueurs varient de 450 à 605 mètres. On y a remédié, en 1889, à l'exemple de ce qui avait été fait, dès 1829, au groupe des écluses de Longpendu, par M. l'ingénieur en chef Vallée, au moyen d'une rigole, dite *régulatrice*, établie latéralement au canal et communiquant avec chaque bief par un aqueduc. Les eaux d'alimentation passent par la rigole régulatrice et maintiennent le plan d'eau de chaque bief au niveau voulu par l'effet des déversoirs qui accompagnent les aqueducs de communication. La pente totale de la rigole, égale à la chute des écluses (21 m. 80), est divisée en gradins par une série de murs de chute d'environ 1 mètre de hauteur.

CANAL DE BOURGOGNE.

Les travaux exposés par le Service du canal de Bourgogne consistent en d'ingénieuses améliorations ou innovations de détail, conçues et exécutées par M. l'ingénieur en chef Galliot.

Touage électrique du souterrain de Pouilly. — Depuis 1893, les bateaux qui franchissent le souterrain de Pouilly, dans le bief de partage du canal de Bourgogne sont remorqués par un bateau toueur mû par l'électricité. L'énergie électrique est produite par l'utilisation des forces disponibles aux chutes des écluses situées aux extrémités du bief de partage. Ces chutes, qui sont de 7 à 8 mètres, font mouvoir des turbines actionnant des dynamos. Le courant, pris sur des fils en bronze, est transmis par un trolley et une perche à la réceptrice placée dans le toueur.

Le toueur franchit le parcours de 5,400 mètres, dont 3,300 en souterrain, en quarante-cinq minutes, à vide; en deux heures, avec un chargement de 500 tonnes, et en deux heures et demie, avec un chargement de 1,000 tonnes. L'installation tout entière est revenue à 137,440 francs.

Installation électrique de Saint-Jean-de-Losne pour l'alimentation des trois derniers biefs du versant Saône du canal de Bourgogne. — Cette alimentation se fait au moyen d'eau de Saône, remontée de bief en bief. On prend en Saône, par jour, 15,000 mètres cubes que l'on monte dans le bief inférieur; on reprend à celui-ci 6,000 mètres cubes qu'on élève dans le bief suivant, auquel on reprend enfin 3,000 mètres cubes pour les verser dans le troisième bief. La longueur totale des trois biefs est de 6,905 mètres.

Une usine génératrice, avec turbines et dynamos, établie aux abords du barrage de Changey, à 2 kilomètres en aval de l'embouchure du canal, envoie à trois usines réceptrices, placées auprès des écluses terminant les biefs, un courant triphasé, qui actionne une pompe centrifuge par le moyen d'un moteur électrique monté sur le même axe que la pompe. L'alimentation a commencé à fonctionner en mai 1898. La dépense totale s'est élevée à 79,770 francs.

Pont-levant de Larrey à Dijon. — Ce pont, établi en 1890, dans la traversée de Dijon, consiste en un tablier mobile, pouvant être amené, à deux niveaux différents par un déplacement vertical. Ce tablier comprend une voix charretière de 4 m.50 et deux trottoirs de 0 m. 80. Quand il est au bas de sa course, laissant aux bateaux un espace libre de 2 m. 40 au-dessus du plan d'eau, voitures et piétons passent à niveau. Quand, relevé de 1 m. 30, il atteint le haut de sa course, laissant aux bateaux le tirant d'air de 3 m. 70, fixé pour les ponts du canal, la voie charretière est interrompue, mais les piétons continuent à passer, à la faveur de passerelles latérales à huit gradins donnant accès aux trottoirs. Les déplacements sont produits au moyen d'un compresseur hydraulique, qui fait monter ou descendre quatre pistons hydrauliques, portant le tablier à ses quatre angles. On détermine l'ascension en chargeant le compresseur

d'un poids d'eau additionnel. Pour le cas, qui ne s'est pas encore présenté, où les engins hydrauliques ne fonctionneraient pas, on a établi un appareil de levage à bras

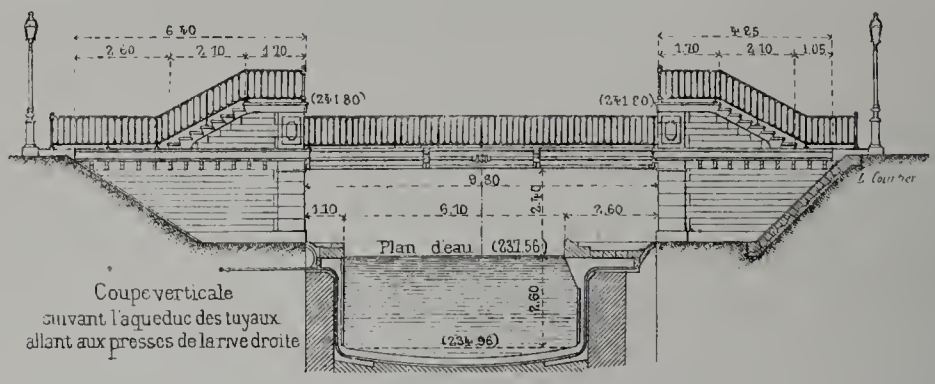


Fig. 8. — Élévation du pont-levant de Larrey.

consistant en quatre vis, mues avec des leviers comme celles d'un pressoir. Les manœuvres sont rapides : le temps d'élever ou d'abaisser le pont ne dure pas vingt secondes. La dépense totale a été de 67,876 francs.

CANAL DE MONTBÉLIARD À LA HAUTE SAÔNE.

Ce canal, en cours de construction, aura 83 kilomètres de longueur. Il reliera le canal du Rhône au Rhin à la Saône, en franchissant les vallées de la Luzine et du Rahin. Ce sera un canal à deux versants, séparés par un bief de partage de 10 kilomètres. Le versant Est mesure 18 kilomètres de longueur, avec une dénivellation de 49 m. 28. Le versant Ouest mesure 55 kilomètres, avec une dénivellation de 164 m. 48.

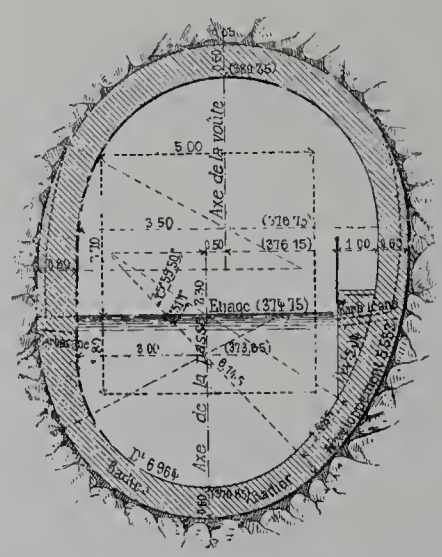


Fig. 9. — Coupe en travers du souterrain de la Forêt.

Les dispositions et les dimensions des profils en travers, des écluses et des ponts sont celles admises pour les canaux du centre de la France. Les plus importants des ouvrages terminés ou en cours d'achèvement, exécutés sous la direction de M. l'ingénieur en chef Bouvaist, assisté de M. Bourquin, faisant fonctions d'ingénieur sont :

Les deux **souterrains de la Forêt et du Chérimont**, mesurant, le premier

648 mètres et le second 1,330 mètres de longueur, percés dans le grès rouge, dur, mais se délitant à l'air et exigeant, par suite, un revêtement. Ils ont tous deux 7 mètres de largeur, dont 1 mètre pour la banquette de halage. La section du souterrain de la Forêt est un ovoïde déformé de manière à ramener les maxima du tirant d'eau et du tirant d'air sur le milieu de la voie des bateaux, rejetée de côté par la banquette de halage.

Le **réservoir du Ban**, occupant une superficie de 106 hectares et pouvant contenir 13 millions de mètres cubes d'eau, est alimenté par les eaux du Rahin, amenées au bief de partage par une rigole de 2 kilomètres et demi. La digue en maçonnerie mesure 800 mètres de longueur, 32 m. 85 de hauteur maximum, 27 m. 05 d'épaisseur maximum à la base et 3 m. 50 d'épaisseur à la crête. Le profil, concave du côté d'aval,

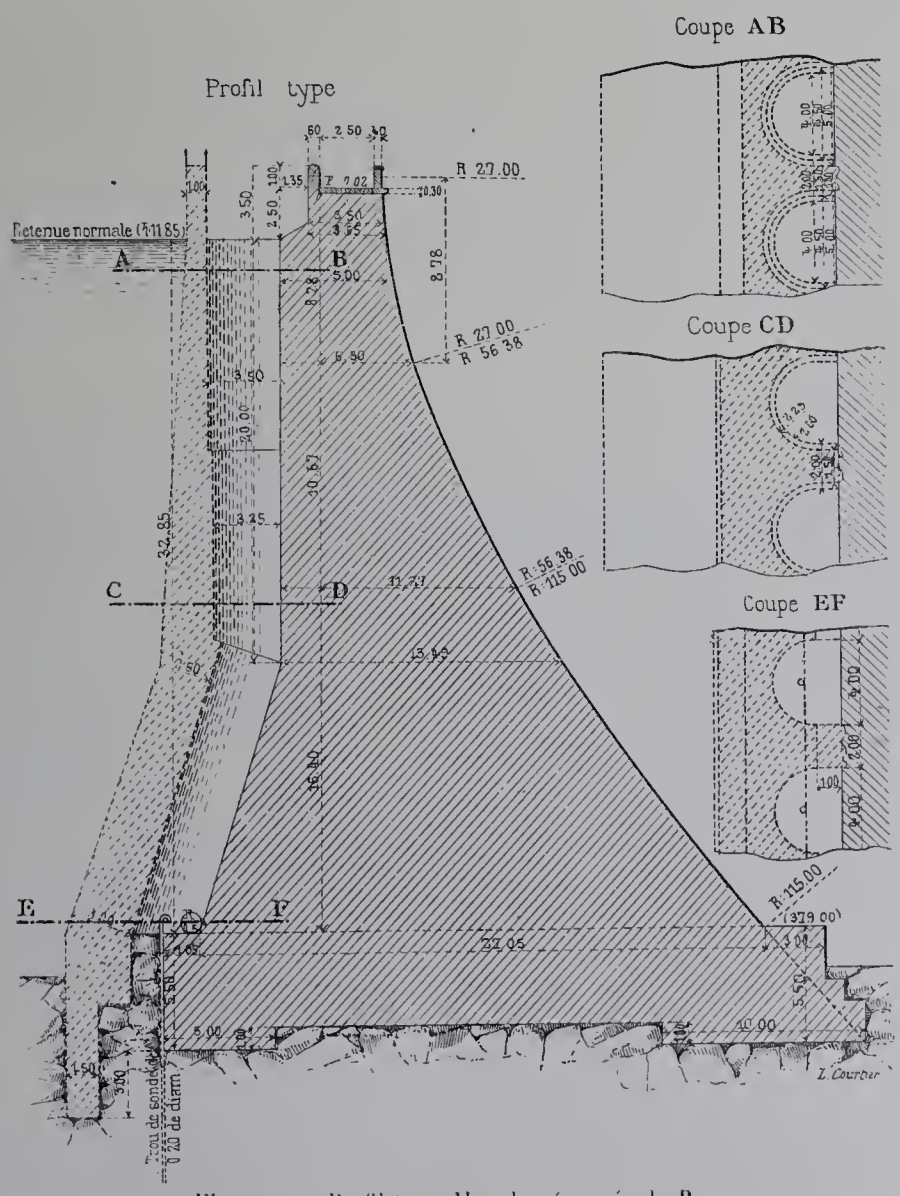


Fig. 10. — Profil type. Mur du réservoir du Ban.

est vertical, puis en pente vers l'amont, du côté d'amont. Les prises d'eau sont établies dans un souterrain de 128 m. 50 de longueur, percé dans le rocher avec une section circulaire de 2 m. 45 de diamètre. Elles consistent en deux tuyaux de fonte, de 0 m. 60

de diamètre, noyés dans un massif en maçonnerie, de 23 mètres de longueur, fermant le souterrain du côté du réservoir.

CANAL DE LA MARNE À LA SAÔNE.

Ce canal, joignant le canal de la haute Marne à la Saône, mesure 152 kilomètres, dont, au 1er janvier 1899, 119 étaient achevés et 9 en construction. Il est partout à deux voies de bateaux, sauf dans le souterrain du bief de partage, dit *de Balesmes*, long de 4,820 mètres, où sa largeur est réduite à 8 mètres. Le mouillage est de 2 m. 20. Les écluses sont au nombre de 83, dont 40 sur le versant Marne, de 3 m. 04 à 3 m. 90 de chute, rachetant ensemble une dénivellation de 141 m. 25; et 43 sur le versant Saône, dont 8 de 5 m. 125 de chute et 35 de 2 m. 90 à 3 m. 50 de chute, rachetant ensemble une dénivellation de 155 m. 40. L'alimentation est assurée par des prises d'eau dans la Marne et dans la Vingeanne, et par quatre grands réservoirs situés aux abords de Langres et contenant ensemble 44,227,000 mètres cubes d'eau.

Les eaux d'alimentation du versant Saône se transmettant de bief en bief, par le canal même, les écluses sont pourvues d'appareils de transmission de ces eaux : *déversoir circulaire* et *alimentateur automatique*, à la fois d'un réglage précis et d'une grande puissance de débit.

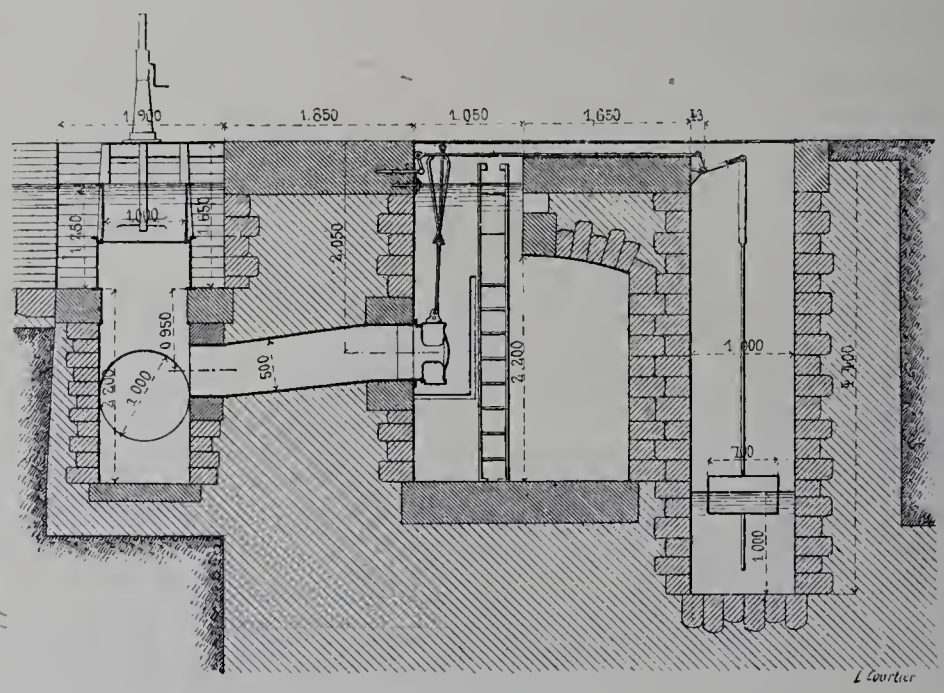


Fig. 11. — Alimentateur automatique.

La canal de la Marne à la Saône, qui reliera directement la région du Nord aux vallées de la Saône et du Rhône, est ouvert à la navigation sur 111 kilomètres. Les dépenses faites montent à 62,400,000 francs, les dépenses restant à faire à 22 millions 600,000 francs. Les travaux, commencés en 1879 et poussés très activement jusqu'en 1887, ont été projetés et principalement exécutés par MM. Carlier et Cadart, ingénieurs en chef, assistés de M. l'ingénieur Jacquinot et de M. le conducteur Coulon.

Les plus remarquables des nombreux ouvrages d'art construits à ce jour sont les suivants :

Pont-canal de Condes, sur la Marne, laissant à la rivière 36 mètres d'ouverture libre, en deux travées de 18 mètres, séparées par une pile de 1 m. 50 ; formé d'une bâche métallique en fer galvanisé, fixée sur la pile centrale, appuyée sur les culées au moyen de chariots de dilatation et reliée à ces culées par des joints en caoutchouc. La bâche mesure 6 m. 20 de largeur à l'intérieur des bordages ; elle a 2 m. 30 de mouillage. Son bordage latéral est formé par les âmes pleines des poutres principales. Les chemins de halage sont portés en encorbellement par des consoles extérieures. Cet ouvrage a été exécuté de 1883 à 1886.

Souterrain de Condes, de 307 m. 75 seulement de longueur, mais remarquable par sa grande largeur, qui est de 16 mètres, dont 11 mètres pour la cuvette à deux voies de bateaux et 5 mètres pour les deux chemins de halage. L'épaisseur de la voûte varie de 1 mètre à la clef à 1 m. 50 aux naissances ; celle du radier, à profil concave,

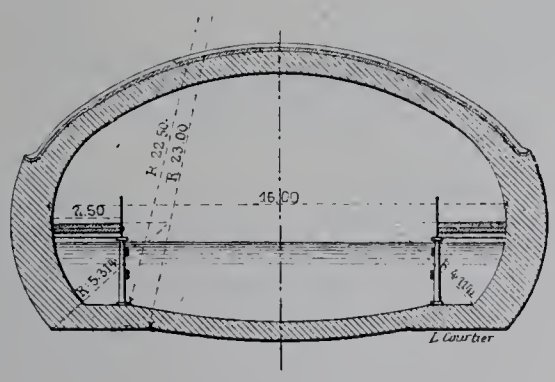


Fig. 12. — Coupe transversale du souterrain de Condes.

est de 0 m. 50. Les chemins de halage consistent en voûtes en briques portées par une charpente métallique, de manière à ne pas réduire la section mouillée. Ce souterrain, exécuté de 1883 à 1886, a coûté 3,133 francs par mètre courant, avec un cube moyen de déblais de 148 mètres, exécuté, boisages compris, à raison de 8 fr. 25 le mètre cube.

Souterrain du bief de partage ou de Balesmes, le plus long (4,820 m. 45) après celui de Mauvages (4,877 mètres) des souterrains situés entièrement en France. La section transversale, voûtée en berceau à la partie supérieure et en arc de cercle au radier, mesure 8 mètres de largeur et 8 m. 93 de hauteur. Une passerelle métallique de halage, de 1 m. 68, existe d'un seul côté. La section est complètement revêtue, avec 0 m. 80 d'épaisseur pour la voûte et les pieds-droits et 0 m. 50 pour le radier. Le souterrain traverse les marnes bleues du lias moyen sur 1,600 mètres, à partir de la tête Marne, et sur 800 mètres, à partir de la tête Saône. Par suite de la mauvaise qualité de ces terrains, qui s'effritent très rapidement à l'air, un éboulement considérable s'est produit du côté de la tête Saône. Pieds-droits et voûte se sont écroulés sur 42 mètres de longueur. Il en a coûté quatre mois de travail, poursuivi nuit et jour, et 350,000 francs

pour réparer ce désastre. La dépense totale s'est élevée à 12 millions, ce qui donne 2,490 francs par mètre courant. Le prix moyen du mètre cube de déblai a été de 16 fr. 42.

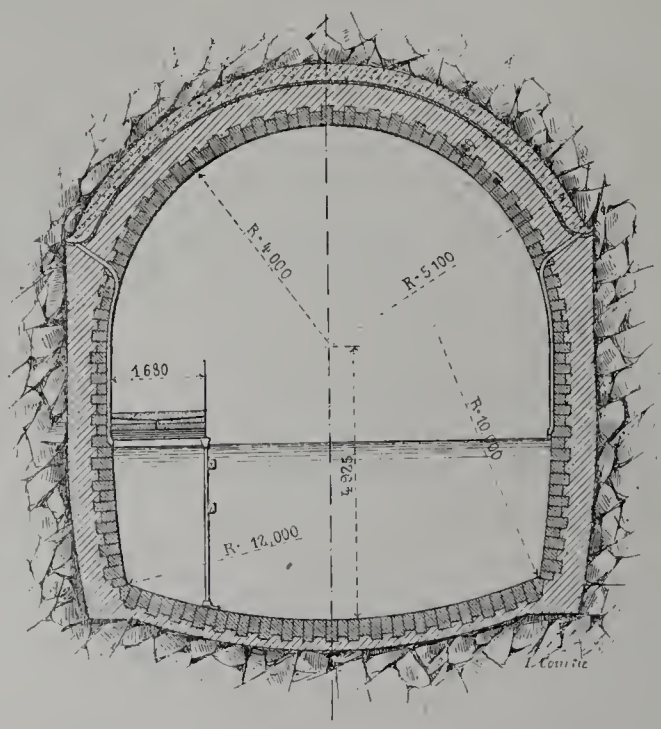


Fig. 13. — Souterrain du bief de partage. Profil avec chape.

Réservoir de la Liez ou de Lecey, mesurant 278 hectares de superficie et 16,100,000 mètres cubes de capacité. La digue, longue de 492 m. 30, haute de 16 m. 50, dirigée en ligne droite, se compose d'un remblai en terre corroyée, de 61 mètres d'épaisseur maximum à la base et de 5 m. 50 de largeur au sommet.

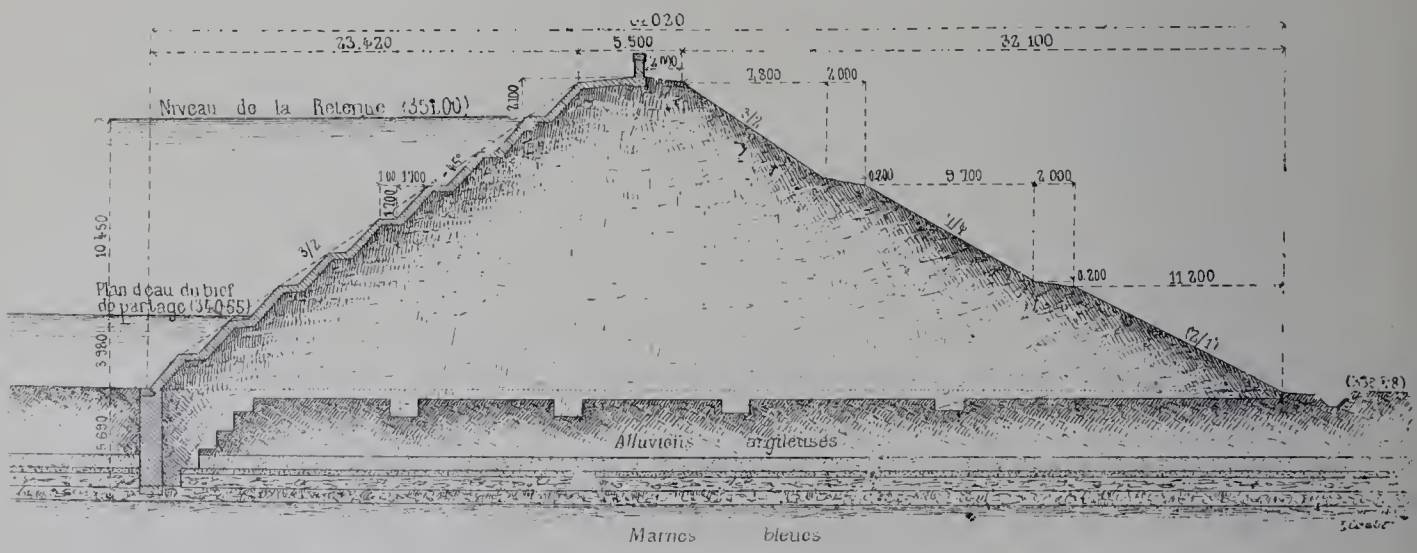


Fig. 14. — Réservoir de la Liez. Coupe de la digue.

Le talus intérieur, revêtu sur toute sa hauteur, est divisé en neuf gradins de 1 m. 70 de hauteur, inclinés à 45 degrés, séparés par des banquettes de 1 mètre. Les ou-

vrages de prise d'eau, aqueducs et puits, sont dans le massif même de la digue. Celle-ci a coûté 1,233,000 francs. Le prix du mètre cube de remblai corroyé a été de 4 francs.

Réservoir de la Mouche ou de Saint-Ciergues mesurant 94 hectares de superficie et 8,169,000 mètres cubes de capacité. La digue, en maçonnerie, longue de 410 m. 25, haute de 29 m. 50, dirigée en ligne droite, mesure 3 m. 50 de largeur en couronne et 20 m. 30 de largeur maximum à la base. Pour donner au chemin passant sur la digue une largeur suffisante, on a élargi la plate-forme supérieure du côté d'aval, par des

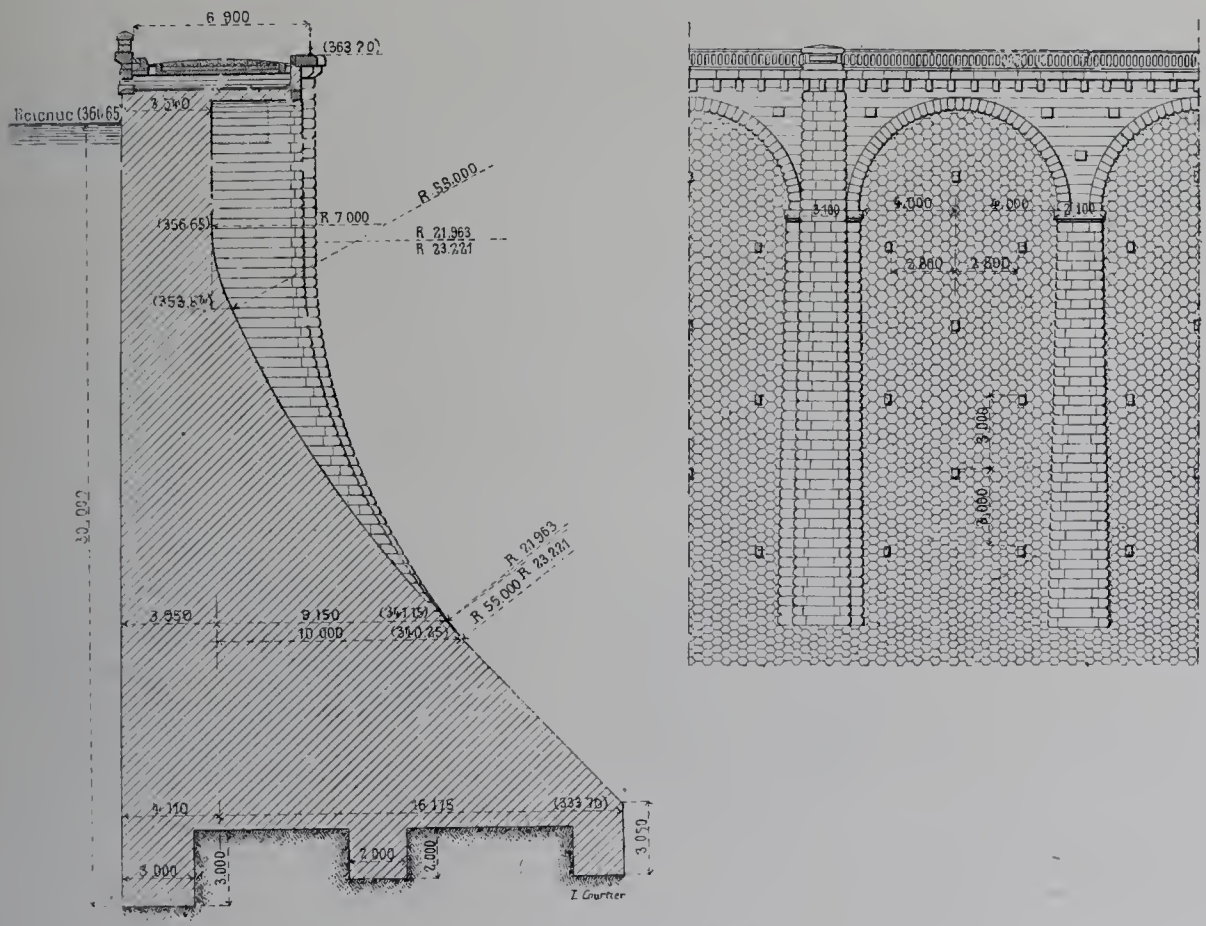


Fig. 15. — Réservoir de la Mouche.
Coupe transversale et élévation partielle de la digue en maçonnerie.

arcades dont les voûtes sont en saillie de 3 m. 50 sur le parement de la digue. Ces voûtes et les piles qui les soutiennent, formant comme un viaduc encastré dans le mur, et faisant office de contreforts, consolident le haut de la digue et donnent très bon aspect à celle-ci. Les ouvrages de prise d'eau consistent en deux demi-tours accolées à la face d'amont. La digue a coûté 3,713,000 francs. Le mètre cube de maçonnerie est revenu en moyenne à 26 fr. 33.

USINES ÉLÉVATOIRES DE VALCOURT, PRÈS TOUL, POUR L'ALIMENTATION COMMUNE DU CANAL DE LA MARNE AU RHIN ET DU CANAL DE L'EST.

Ces usines refoulent à une hauteur de 41 mètres l'eau tirée de la Moselle dans une rigole de 12 kilomètres de longueur, qui la conduit au canal de la Marne au Rhin. A

l'usine hydraulique, construite en 1878-1879, on vient d'ajouter, pour assurer l'alimentation en temps de sécheresse, une usine à vapeur pouvant élever par jour 43,000 mètres cubes, au moyen de trois machines horizontales actionnant chacune deux pompes à piston plongeur. M. l'ingénieur en chef Thoux a dirigé l'installation.

HALAGE FUNICULAIRE DES BATEAUX DANS LE SOUTERRAIN DU MONT-DE-BILLY, SUR LE CANAL DE L'AISNE À LA MARNE.

Ce souterrain a 2,300 mètres de longueur et 7 m. 70 de largeur, dont 6 m. 20 pour la cuvette. La traction des bateaux dans ce long boyau rétréci était des plus difficiles; la durée du passage, prévue de quatre heures, était souvent dépassée en été; il fallait absolument supprimer un tel obstacle sur un canal dont le tonnage dépassait un million de tonnes en 1891. On a installé à cet effet, de 1894 à 1895, sous la direction de M. l'ingénieur en chef Maurice Lévy, alors chargé du service, un halage funiculaire du système antérieurement expérimenté par cet ingénieur sur le canal de Saint-Maur. Un câble sans fin, en fil d'acier, de 0 m. 03 de diamètre, soutenu par des poulies espacées de 57 m. 50, tendu par un poids de 10 tonnes, occupant une longueur de 2,600 mètres, est mis en marche par une machine de quarante chevaux.

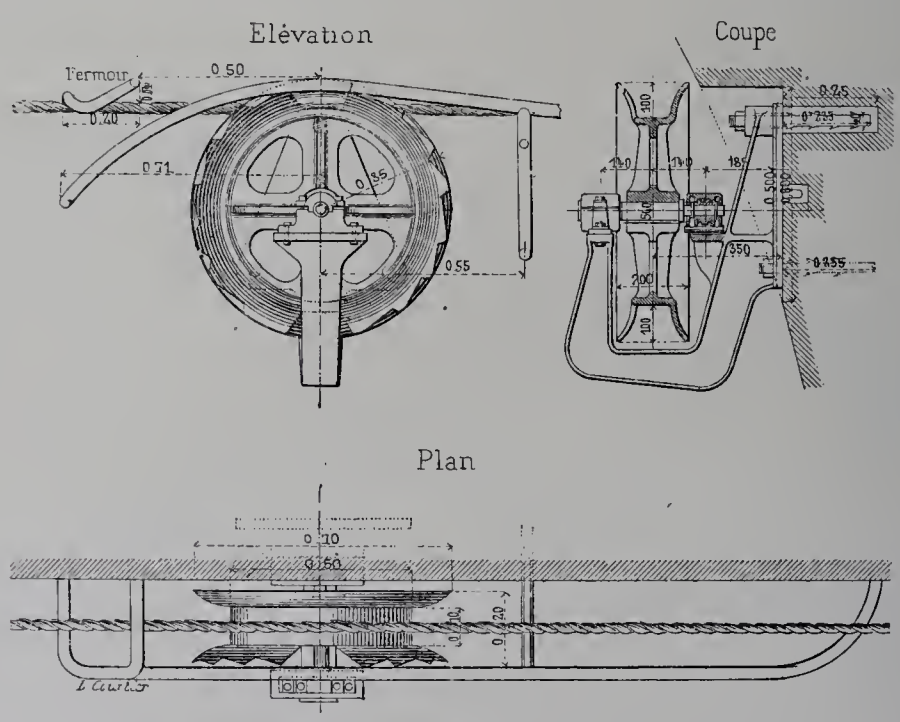


Fig. 16. — Poulies supérieures.

L'attache des cordes de halage sur le câble se fait au moyen d'un simple étrier, posant sur ce câble et butant contre un arrêt fixe. Des dispositions spéciales — échancrures d'échappement sur le bord des poulies et lisses de guidage — sont prises pour dégager facilement les cordes de halage de la gorge des poulies supérieures. L'exploitation se fait au moyen de deux passages par jour dans chaque sens. Pour chaque passage, les bateaux sont répartis en convois partiels distants d'une centaine de mètres et compre-

nant au plus deux bateaux chargés. Le trajet se fait en deux heures environ, avec une vitesse de marche de 0 m. 30 à 0 m. 35 par seconde.

Les dépenses de constructions ont été de 140,000 francs. Celles d'exploitation représentent 12,500 francs par an et celles de renouvellement du matériel 8,000 francs. La taxe de 0 fr. 02 par tonne de chargement, imposée aux bateaux chargés (les bateaux vides ne payent pas) a produit plus de 29,000 francs dans les trois dernières années. Il reste donc, frais annuels payés, une somme plus que suffisante pour rémunérer à raison de 5 p. 0/0 le capital de construction.

Le projet, dressé par M. l'ingénieur en chef Maurice Lévy, avec le concours de M. l'ingénieur Pavie, a été mis à exécution par M. l'ingénieur en chef Bourguin assisté de M. l'ingénieur Pigache.

INSTALLATIONS DIVERSES SUR LA SEINE ENTRE PARIS ET ROUEN
(créées par M. l'ingénieur en chef Caméré,
avec l'assistance de MM. les ingénieurs Boutteville et Clerc).

Installation électrique d'Amfreville-Poses. — Une chute d'eau d'au moins 0 m. 80, dont on dispose en tout temps, a permis d'obtenir, au moyen d'une turbine Fontaine, une force, variable selon l'état des eaux, de douze à trente chevaux, qui actionne soit une, soit deux dynamos. L'énergie électrique est employée : à l'éclairage des écluses et du barrage de Poses; à la manœuvre des portes d'écluse, des vannes d'aqueduc de la grande écluse, des treuils du barrage. des cabestans montés sur les bajoyers, d'une pompe et de quelques outils.

Fluviographe électrique, avertisseur et enregistreur à distance. — Cet appareil a été perfectionné, depuis 1889, par l'addition d'un cylindre enregistreur des hauteurs de la retenue et par l'introduction d'un dispositif permettant aux ingénieurs du service de constater de leur bureau même, sans recourir aux agents intéressés, le niveau des retenues.

Échelles à poissons à courant ralenti. — Ce nouveau type d'échelles à poissons, créé par M. l'ingénieur en chef Caméré, consiste en une bâche métallique inclinée, dont le plafond est percé de rainures transversales. L'eau du bief d'amont, jaillissant par les rainures, ralentit, dans une mesure déterminée par l'espacement et par la largeur de ces orifices, la vitesse de la tranche liquide, remontée par les poissons, qui parcourt la bâche.

VANNES À GALETS, AVEC ROULEMENT SUR BILLES.

Les grands progrès réalisés avant 1889 dans les procédés de clôture des barrages mobiles n'ont guère reçu, depuis cette date, que le modeste complément apporté, en 1897, par l'emploi fait, par M. l'ingénieur Wender, au barrage de Saint-Mammès, sur le Loing, de vannettes à galets avec roulement sur billes. Grâce aux faibles dimensions des vannettes (1 m. 076 de longueur sur 0 m. 42 de hauteur et 0 m. 045 d'épaisseur)

IMPRIMERIE NATIONALE.

qui en réduisent le poids à 28 kilogrammes, et grâce au roulement sur billes analogue à celui des roues de bicyclettes, donné aux quatre galets par lesquels la vannette porte sur les montants de deux fermettes consécutives, ces vannettes sont facilement et rapidement manœuvrées par un seul homme.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LE MATÉRIEL DE LA BATELLERIE.

Ces recherches, faites de 1890 à 1895 par M. l'ingénieur en chef de Mas, avec le concours de M. le conducteur Bertrand, ont eu pour objet de déterminer la résistance au mouvement des bateaux selon : 1° les formes et les qualités de surface de

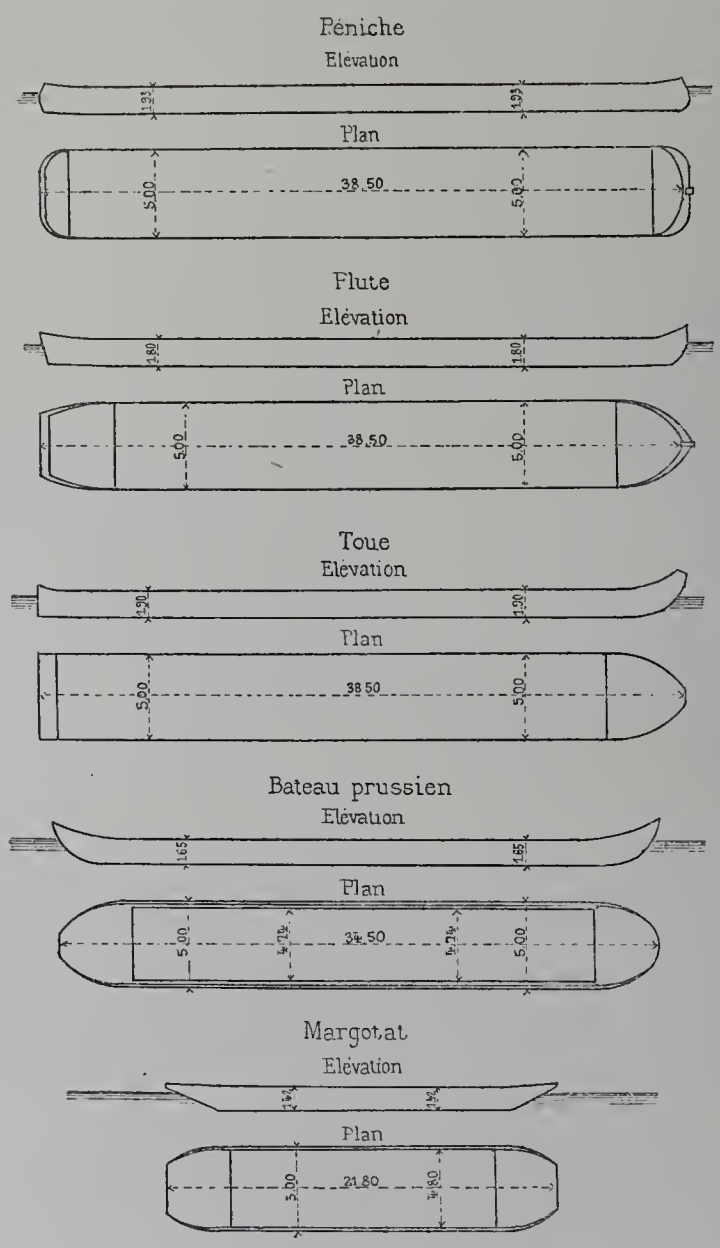


Fig. 17. — Matériel de la batellerie.

la coque; 2° la section plus ou moins étendue de la voie d'eau; 3° la vitesse. L'effort de traction est exercé sur le bateau par l'intermédiaire d'un dynamomètre hydraulique; la pression de l'eau et par conséquent l'effort sont mesurés avec un manomètre enregis-

treur. Les expériences de M. de Mas ont montré que la forme du bateau a une très grande influence sur la résistance. Les différents types se classent dans l'ordre suivant, par ordre de résistance décroissante : péniche, flûte, toue, bateau prussien, margotat. Pour une vitesse de 1 m. 50, la résistance propre du margotat n'atteint pas le quart de celle de la flûte. La meilleure forme à donner aux extrémités des bateaux est la forme de cuiller. La longueur du bateau paraît être sans influence sur la résistance.

DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DES PARTIES DÉFECTUEUSES DU CHENAL DES RIVÈRES.

Les expériences ont été faites, de 1893 à 1895, entre Paris et Rouen. On intercalait simplement le bateau spécial destiné aux expériences — une flûte à formes fines et à coque robuste — dans les convois circulant sur la basse Seine. On l'attelait, par l'intermédiaire d'un dynamomètre enregistreur, à lames d'acier, capable de supporter des efforts de traction de 7,000 kilogrammes. Deux appareils imaginés par M. l'ingénieur en chef Caméré, auteur des expériences, et construits par la maison Bréguet : un vélocimètre à tube manométrique et un vélocimètre à godets basculeurs, servaient à mesurer la vitesse. Des graphiques spéciaux, construits d'après les chiffres obtenus pour les efforts de traction et pour les vitesses, ont été disposés de manière à faire paraître aux yeux, en longueur et en difficulté, les mauvais passages.

III. NAVIGATION MARITIME.

Le ralentissement apporté à l'exécution des travaux publics après la période de très grande activité qui a précédé l'Exposition de 1889 s'est moins fait sentir dans les travaux de navigation maritime que dans ceux de navigation intérieure, plus susceptibles, en général, que les premiers, d'être suspendus ou restreints. Des travaux considérables, souvent entrepris avec la participation financière des chambres de commerce, ont été exécutés, de 1889 à 1900, dans la plupart des principaux ports de France. L'outillage de ces ports a été développé et perfectionné.

PORT DE DUNKERQUE.

Écluse Trystram. — Cette grande écluse, commencée en 1888 et mise en service en 1896, permet aux plus forts bateaux du commerce d'entrer à toutes les marées dans les bassins à flot. Elle mesure 25 mètres de largeur, 209 m. 50 de longueur de tête en tête et 170 mètres de longueur utile. Les buscs sont à 5 mètres au-dessous du zéro. Un pont tournant métallique de 52 m. 50 de longueur traverse le sas. Il y a trois paires de portes d'ébe, la porte intermédiaire permettant de diviser le sas en deux parties. Ces portes sont tout en métal avec caisses à eau. Toutes les manœuvres se font

à l'air comprimé. Avec une dénivellation de 3 mètres, le remplissage du sas s'effectue en six minutes.

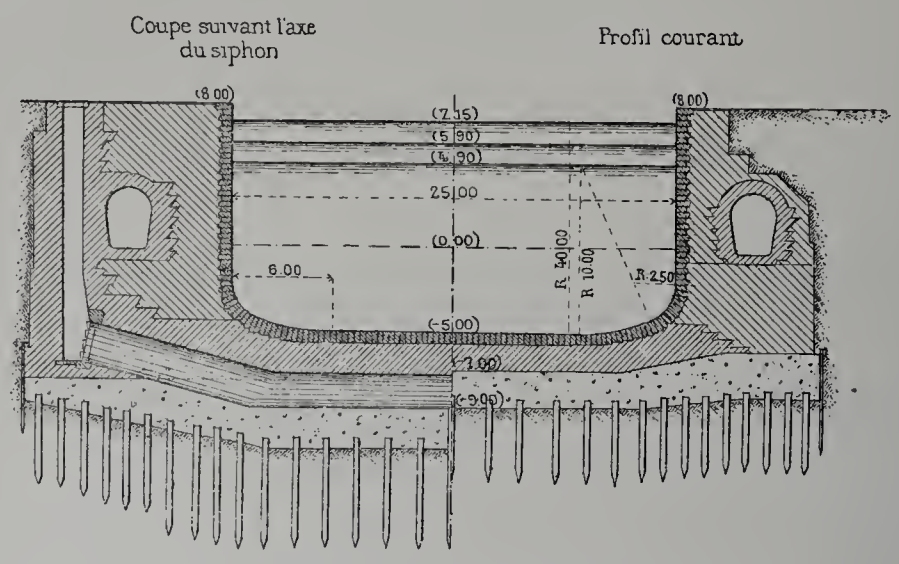


Fig. 18. — Écluse Trystram. Demi-coupes transversales.

L'écluse est fondée sur un lit de béton, appuyé sur des pieux de 4 m. 50 à 5 m. 50 de longueur battus en quinconce, au fond de la fouille, dans une couche épaisse de sable fin.

La dépense s'est élevée à 9,500,000 francs.

Nouvelle jetée de l'Est. — Les chenaux d'accès des ports français de la mer du Nord étaient compris autrefois entre deux jetées en charpente, distantes seulement l'une de l'autre d'une soixantaine de mètres. Cette faible largeur facilitait le halage des bateaux et favorisait l'action des chasses. Elle n'est plus motivée depuis que le remorquage remplace le halage et que les dragues sont avantageusement substituées aux chasses pour l'entretien de la profondeur dans le chenal. En élargissant celui-ci, on facilite le passage et le croisement des grands bateaux et on diminue les chances d'obstruction. En outre, les dragues peuvent travailler sans que le mouvement des navires en soit gêné. On a donc, de 1891 à 1896, porté de 70 mètres à une dimension qui varie de 130 mètres, au musoir, à 210 mètres au droit du phare, la largeur du chenal donnant accès au port de Dunkerque.

On a conservé la jetée Ouest, construit une nouvelle jetée Est en dehors de l'ancienne, puis démoli celle-ci.

La nouvelle jetée Est, longue de 865 mètres, est formée à sa base par des massifs en maçonnerie foncés à l'air comprimé à des profondeurs qui varient de la cote — 5 à la cote — 8,26. Elle est, au-dessus du massif de fondation, à partir du large, successivement à claires-voies, mi-pleine et entièrement pleine; les claires-voies sont formées par des charpentes en bois. Les caissons avaient, en général, 20 m. 85 de longueur avec une largeur variable de 5 m. 50 à 6 m. 50.

Les dépenses se sont élevées à 5,680,000 francs.

Les travaux de l'écluse Trystram et de la nouvelle jetée de l'Est ont été projetés et exécutés par M. l'ingénieur en chef Joly, assisté : pour l'écluse Trystram, de M. l'ingé-

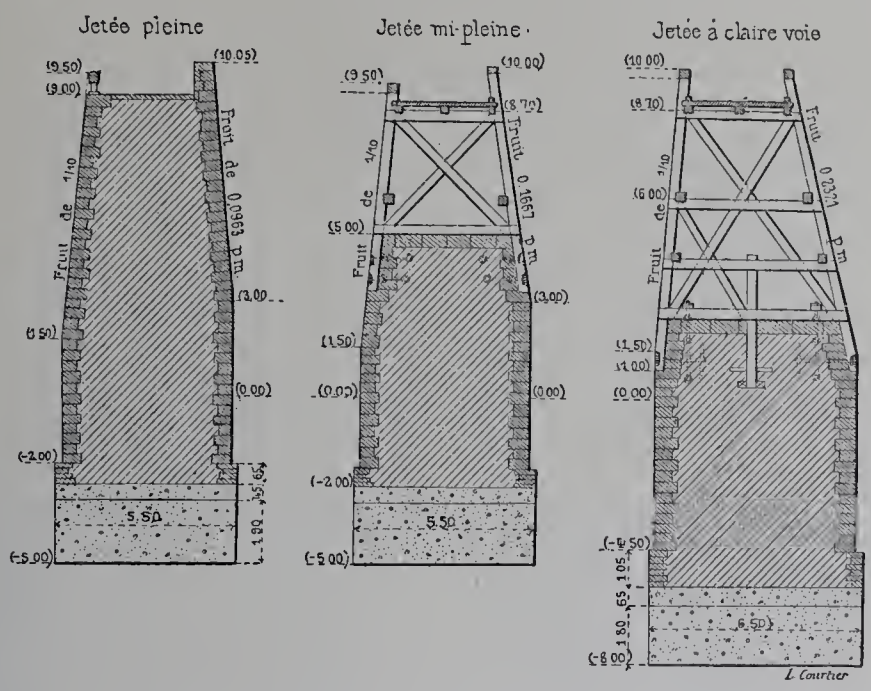


Fig. 19. — Coupes verticales de la nouvelle jetée de l'Est.

nieur Dardenne et de M. le conducteur Villart; pour la jetée de l'Est, de M. l'ingénieur Vieille et de M. le conducteur Cleenewerck; et efficacement secondé par MM. les entrepreneurs Vigner et Lecomte.

PORT DE CALAIS.

Nouvelle jetée Est. — Comme à Dunkerque et pour les mêmes motifs, on a élargi le chenal d'accès du port de Calais par la construction, en dehors de la jetée Est, d'une nouvelle jetée, constituée, comme celle de Dunkerque, par un massif de maçonnerie, surmontée d'une claire-voie en charpente, de hauteur décroissante depuis le large jusqu'à l'avant-port. Cette nouvelle jetée, construite de 1891 à 1897, est fondée sur les 165 premiers mètres, à partir du rivage, par le procédé par injection d'eau, qui avait donné d'excellents résultats pour la fondation des murs de quai de l'avant-port. Il n'a pas été possible de l'employer plus avant dans la mer. Le restant de la jetée, long de 249 mètres, a été fondé au moyen de grands caissons en tôle, foncés à l'air comprimé.

Bateau-porte de la forme de radoub, exécuté de 1889 à 1891, susceptible d'être employé éventuellement à la fermeture du grand sas du bassin Carnot, construit en tôle, constitué par une caisse rectangulaire de 4 m. 20 de largeur et de 3 m. 14 de hauteur, surmontant la quille du bateau, et surmontée d'un bâti, à cloison centrale pleine, contenant une caisse à eau à sa partie supérieure. L'immersion s'effectue par l'introduction, dans la caisse à air, d'environ 25 mètres cubes d'eau, que l'on rejette

quand la forme de radoub est épuisée. On prépare le relevage du bateau en introduisant dans la caisse à eau supérieure ce même volume d'eau, pris dans les canalisations de la ville. Le bateau-porte a coûté 177,240 francs.

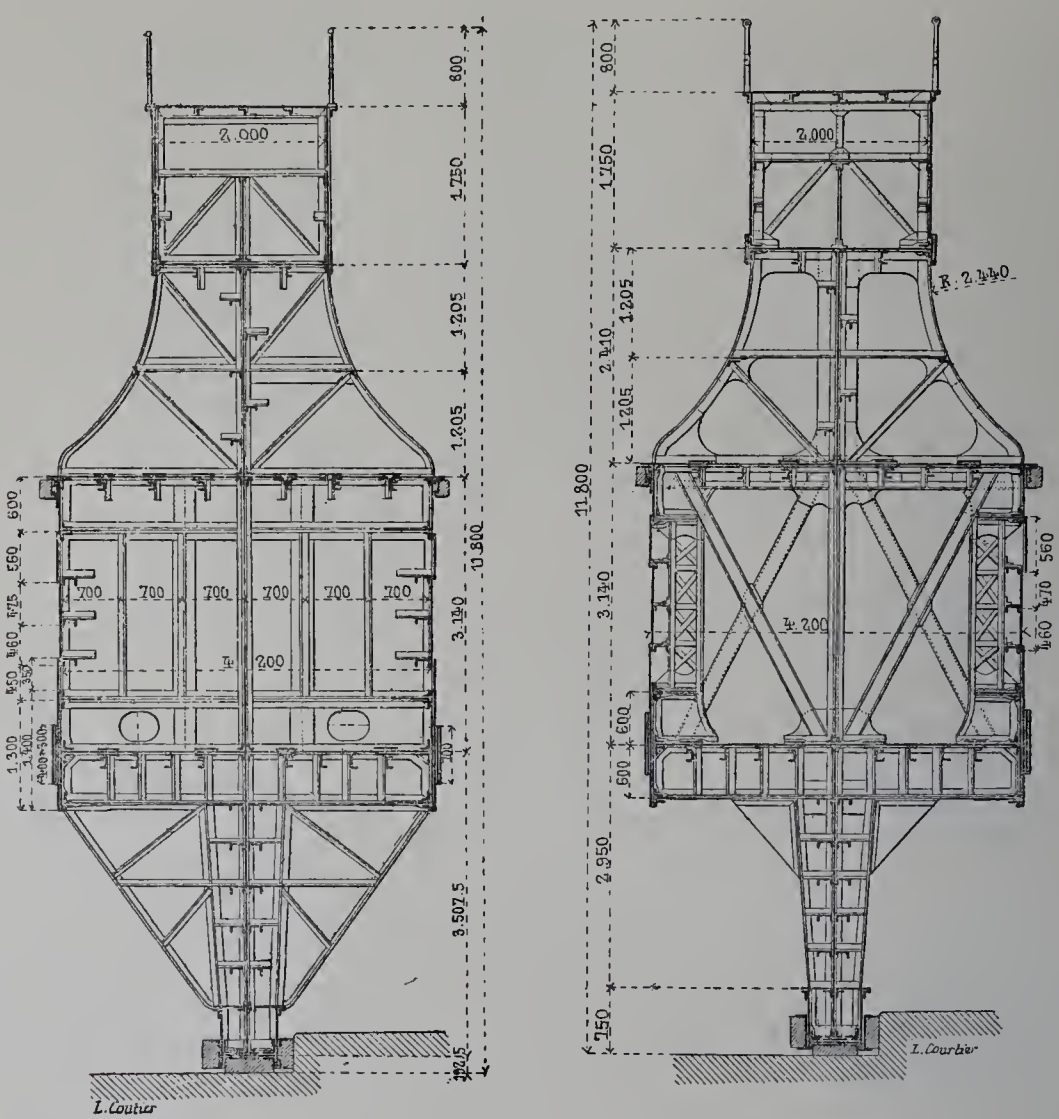


Fig. 20. — Bateau-porte de la forme de radoub. Coupe au droit d'une cloison pleine. Coupe au droit d'une cloison évidée.

Caisson mobile pour la réparation des murs de quai. — Ce caisson, entièrement métallique, exécuté de 1894 à 1896, consiste en une grande boîte de 8 m. 80 de hauteur, 5 m. 80 de largeur et 2 mètres d'épaisseur, fermée au fond et sur les trois faces antérieure et latérales. La face postérieure qui est ouverte s'applique contre le mur de quai, dont les faces latérales épousent exactement le profil. Sur ces faces latérales sont deux caisses à air étanches, servant de flotteur. Le caisson, flottant au moyen de ses caisses étanches, est amené devant la paroi qu'il s'agit de réparer. On le coule en ouvrant les bondes des caisses à air, on l'applique contre le mur de quai et on le vide avec une pompe centrifuge. Son poids est d'environ 30 tonnes; il a coûté 21,112 francs. Cet engin rend d'excellents services.

M. l'ingénieur Chargueraud et M. le conducteur Delannoy père ont été les princi-

paux collaborateurs du Ministère pour les travaux précités, exécutés dans le port de Calais.

PORT DE BOULOGNE.

Porte d'èbe d'amont de l'écluse à sas du bassin à flot. — Cette porte d'èbe, construite (1895-1896) en acier galvanisé, se compose de deux vantaux mesurant chacun 12 m. 28 de largeur, 9 m. 57 de hauteur et 1 mètre d'épaisseur, et pesant environ 80 tonnes, avec un déplacement de 100 mètres cubes. Toute la partie inférieure du vantail jusqu'à la cinquième entretoise intermédiaire constitue une caisse à air, au-dessus de laquelle la mer pénètre librement dans l'intérieur de la porte, par l'aval, au moyen de cinq conduits, de telle sorte que la porte se charge d'eau quand la mer monte, et se vide quand la mer descend. La dépense totale, y compris l'enlèvement des anciennes portes en bois, s'est élevée à 143,416 francs.

Drague-porteuse à hélices et à godets « Pas-de-Calais ». — Cette drague, construite par M. Henri Satre, de Lyon, à la suite d'un concours fermé en octobre 1890, est une drague-porteuse à deux hélices, mesurant 54 m. 80 de longueur, 10 m. 10 de largeur et 3 m. 65 de tirant d'eau maximum. L'élinde mesure 22 m. 65 de longueur et permet de draguer à 12 m. 50 au-dessous de la flottaison. Il y a deux jeux de godets, les uns de 500 litres, les autres de 320 litres, ces derniers pouvant être armés de pioches en acier pour arracher la pierre. Les machines motrices, au nombre de deux, à double expansion, d'une puissance totale de 600 chevaux, peuvent actionner chacune, soit l'hélice correspondante, soit le train d'engrenage de la chaîne à godets.

Le rendement horaire, fixé par le marché à 300 mètres cubes, a été, aux essais, de 308 mètres cubes. Depuis sa mise en service, en juillet 1893, la drague a enlevé 781,000 mètres cubes à Boulogne, 38,000 à Dunkerque et 47,000 à Calais. Le prix du mètre cube dragué et évacué, tous frais et amortissement compris, revient à un franc environ.

La drague a coûté 750,000 francs.

PORT DE DIEPPE.

Pont-tournant du Pollet, à double voie charretière, établi pour maintenir le faubourg du Pollet en communication avec Dieppe, par-dessus le chenal de 40 mètres aboutissant à l'avant port. La longueur totale du pont est de 70 m. 50, dont 47 mètres pour la volée et 23 m. 50 (la moitié de la volée) pour la culasse. La largeur libre entre garde-corps est de 7 mètres. Les poutres maîtresses, à semelles semi-tubulaires, reliées l'une à l'autre par des montants et des croix de Saint-André, terminées en arc de cercle à leur partie supérieure, mesurent 7 m. 11 de hauteur au droit du pivot, 2 m. 75 à l'extrémité de la volée et 5 m. 97 à l'extrémité de la culasse. Le lest de 234 tonnes, disposé dans la culasse, laisse à celle-ci une prépondérance de 20 tonnes sur la volée. La manœuvre du pont se fait à l'eau comprimée. L'ouverture comporte les

opérations suivantes : on soulève légèrement le pivot, pour l'amener à porter le pont ; on décale la culasse ; on fait basculer le tablier au moyen des presses de basculement ; on opère la rotation du pont au moyen de l'appareil funiculaire disposé à cet effet. Pen-

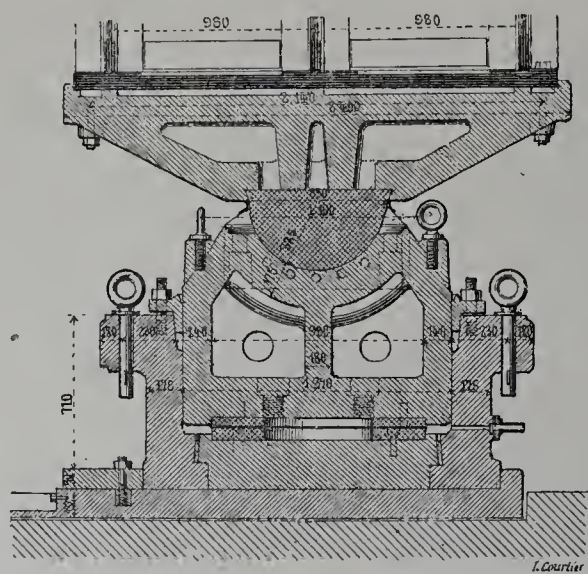


Fig. 21. — Pont-tournant du Pollet : presse centrale formant pivot.

dant ces manœuvres, le pont s'appuie, d'une part, sur le pivot et, d'autre part, sur des galets de roulement placés sous la culasse à 20 m. 50 du pivot. Au repos et fermé, il porte sur l'extrémité de la volée et sur un appui disposé entre le pivot et l'extrémité de la culasse; dans cet état, le pivot ne porte rien.

La dépense s'est élevée à 530,000 francs.

M. l'ingénieur en chef Alexandre a dirigé les travaux.

PORT DU HAVRE.

Travaux d'amélioration et d'agrandissement. — Le développement du port du Havre, si avantageusement situé à l'extrémité de l'estuaire de la Seine, à 200 kilomètres de Paris, est entravé par les difficultés de l'accès. En 1895, on trouvait à peine deux mètres de profondeur au-dessous du zéro dans les passes extérieures et dans l'avant-port, ce qui répondait à un mouillage de haute mer de morte-eau pouvant se réduire jusqu'à 7 m. 50. Les dragages opérés depuis n'ont augmenté la profondeur que d'un mètre. La route suivie par les navires est sinueuse et décrit une courbe de 700 mètres à l'approche de l'écluse des transatlantiques. La principale écluse du port, seule praticable aux grands navires, est une écluse simple, dont l'accès n'est possible que pendant les trois heures d'étale de haute mer. L'évolution des grands paquebots à l'entrée et à la sortie est longue et difficile ; elle suspend les mouvements de tous les autres navires. C'est à peine si, pendant les périodes très actives de la navigation, tous les bateaux prêts à entrer ou à sortir pendant la même marée peuvent effectuer leurs mouvements. D'autre part, la passe du Sud-Ouest, pratiquée par tous les grands na-

vires, est menacée par les alluvions de la Seine, et peut être compromise par un déplacement vers le Nord du chenal de ce fleuve.

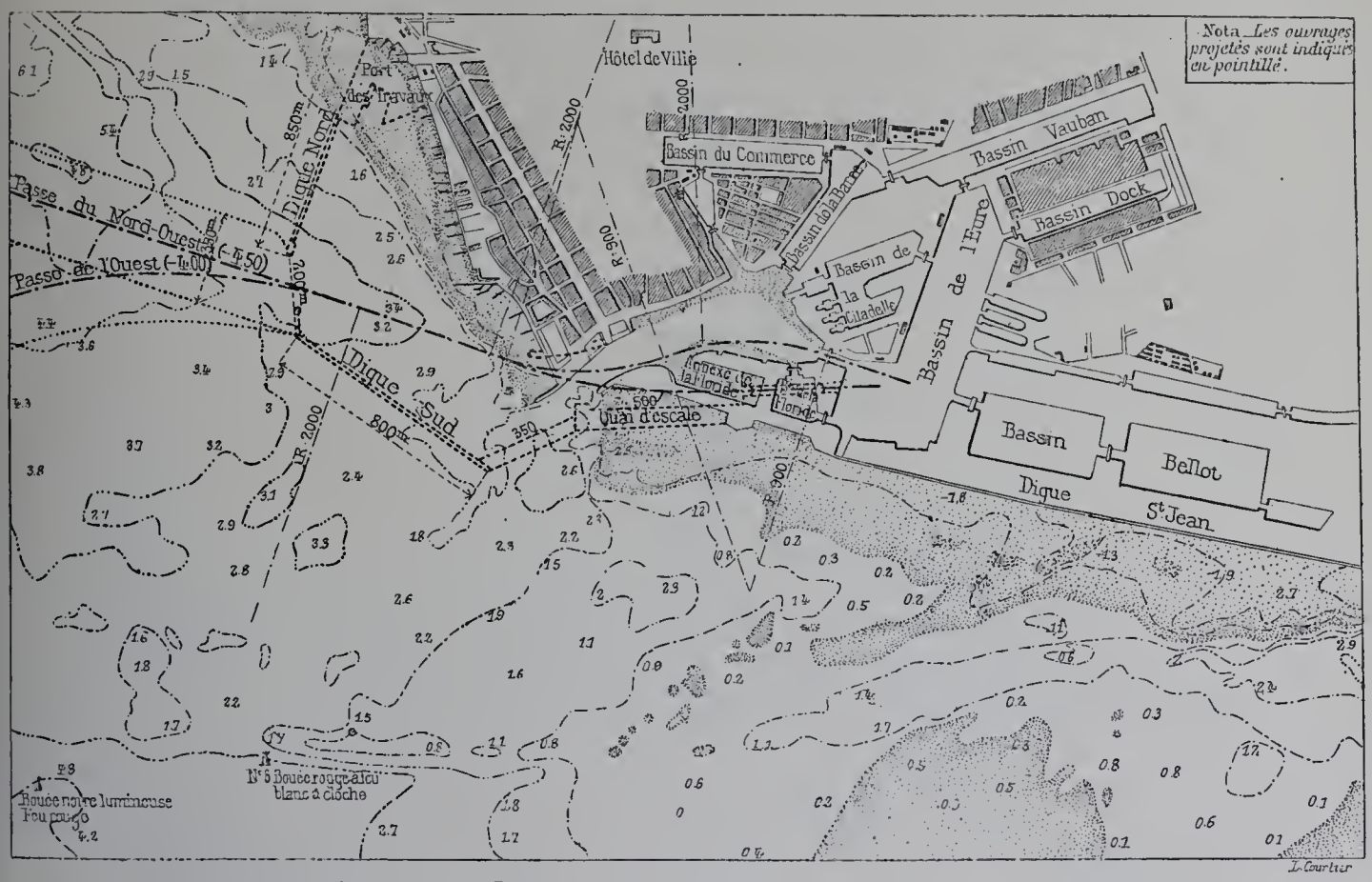


Fig. 22. — Plan général des travaux d'amélioration du port du Havre.

Pour remédier à ces graves inconvénients et pour agrandir en même temps le port du Havre, il a été décidé, par la loi du 19 mars 1895 : d'établir un nouvel avant-port, compris entre deux jetées convergentes vers le large et séparées l'une de l'autre par une passe de 200 mètres, ouverte à l'Ouest; d'ouvrir par le rescindement des jetées actuelles et d'une partie des fronts de la Floride, une communication directe et facile entre le nouvel avant-port et l'avant-port actuel (devenu port de marée), notablement agrandi et pourvu d'un quai accostable à tout moment par les navires d'escale; de construire dans l'emplacement des bassins de la Floride, sur la direction suivie par les bateaux, une grande écluse à sas de 240 mètres de longueur et de 30 mètres de largeur, praticable pendant la moitié au moins de la marée et donnant accès de l'avant-port dans les bassins; d'exécuter des travaux de défense au pied des falaises de la Hève. Ces travaux, estimés 30 millions, sont en cours d'exécution depuis le milieu de l'année 1896.

Aqueduc-siphon sous le canal de Tancarville. — L'élargissement et la transformation en bassin à flot de l'extrémité aval du canal de Tancarville a obligé de reconstruire sous ce canal (élargi à 100 mètres et approfondi à 8 m. 30), sans interrompre la navigation, un aqueduc-siphon donnant passage aux eaux d'égout de l'un des prin-

cipaux collecteurs de la ville. On s'est servi, à cet effet, de deux tuyaux de tôle d'acier rivés de 106 mètres de longueur et de 1 m. 10 de diamètre. On les a descendus tout montés dans une fouille disposée *ad hoc,* et on les y a noyés dans un massif en béton de 2 m. 10 de hauteur, construit, à l'air comprimé, par tranches successives, au moyen d'un caisson mobile de 9 m. 85 de longueur sur 5 mètres de largeur, suspendu par des vérins à un échafaudage établi sur chalands. La dépense s'est élevée à 300,000 francs.

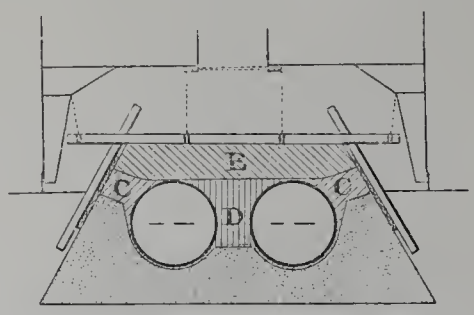


Fig. 23. — Siphon de Tancarville.
Coupe en travers indiquant le mode d'achèvement des travaux.

Les principaux collaborateurs du Ministère, pour l'ensemble des travaux du Havre, ont été MM. les ingénieurs en chef Quinette de Rochemont et Vétillart, et MM. les ingénieurs Desprez, Ducrocq, Collot et Renard.

TRAVAUX D'AMÉLIORATION DE LA SEINE MARITIME.

Ces travaux, si intéressants pour la prospérité de Rouen et pour l'approvisionnement de Paris, ont été entrepris en 1848. De cette date à 1866, on a construit 66 kilomètres de digues longitudinales. De 1866 à 1885, on a refait ces digues, qui tombaient en ruines et exécuté divers travaux d'améliorations locales. A partir de 1885, on a entrepris de disposer les rives en se conformant, autant que faire se peut, aux lois du mouvement des eaux dans les rivières à fond mobile, de manière à augmenter le plus possible les volumes d'eau introduits par les marées et à ne pas nuire, dans les parties d'aval, aux entrées du Havre et de Honfleur. Depuis 1888, on a fait beaucoup de dragages. Les seuils qui, récemment encore, s'élevaient au-dessus du zéro des cartes marines, sont aujourd'hui partout abaissés à 1 mètre au-dessous de ce niveau. Le port de Rouen peut recevoir, en vive-eau moyenne, des bateaux tirant 7 mètres. Le total des dépenses faites depuis 1848 et de celles restant à faire (15 millions en vertu de la loi du 19 mars 1895) monte à 50 millions.

Les ingénieurs qui ont pris, depuis 1889, la plus grande part à ces travaux sont MM. Mengin-Lecreulx, Belleville et Cadart.

JETÉE DU PORT DE LA HOULE-SOUS-CANCALE.

Cette jetée, construite de 1895 à 1897, consiste en un enracinement en maçonnerie de 61 m. 50 de longueur, continué par une jetée mixte en maçonnerie, fer et

bois, opaque à la lame et accessible aux voitures, mesurant 66 m. 40. Cette dernière se compose de 22 fermes métalliques espacées de 3 mètres, hautes de 10 mètres, larges de 17 mètres à la base et de 7 mètres au sommet, liées entre elles à leur pied, de manière à former un grillage métallique qui a été noyé dans une couche de béton chargée de maçonnerie. Trois plates-formes en bois sont échelonnées au-dessous du platelage de couronnement, pour offrir aux navires quatre niveaux d'accostage.

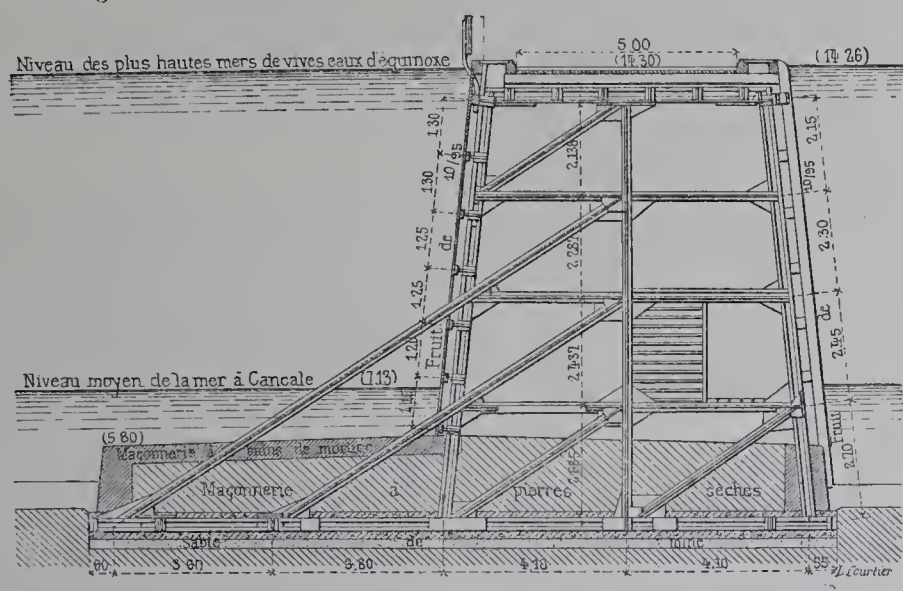


Fig. 24. — Coupe transversale de la jetée de la Houle.

Le coût par mètre courant de la jetée mixte a été de 2,909 francs. Le système adopté a permis de construire à peu de frais un ouvrage solide et léger sur un terrain peu résistant.

Le projet de la jetée est dû à M. l'ingénieur Javary.

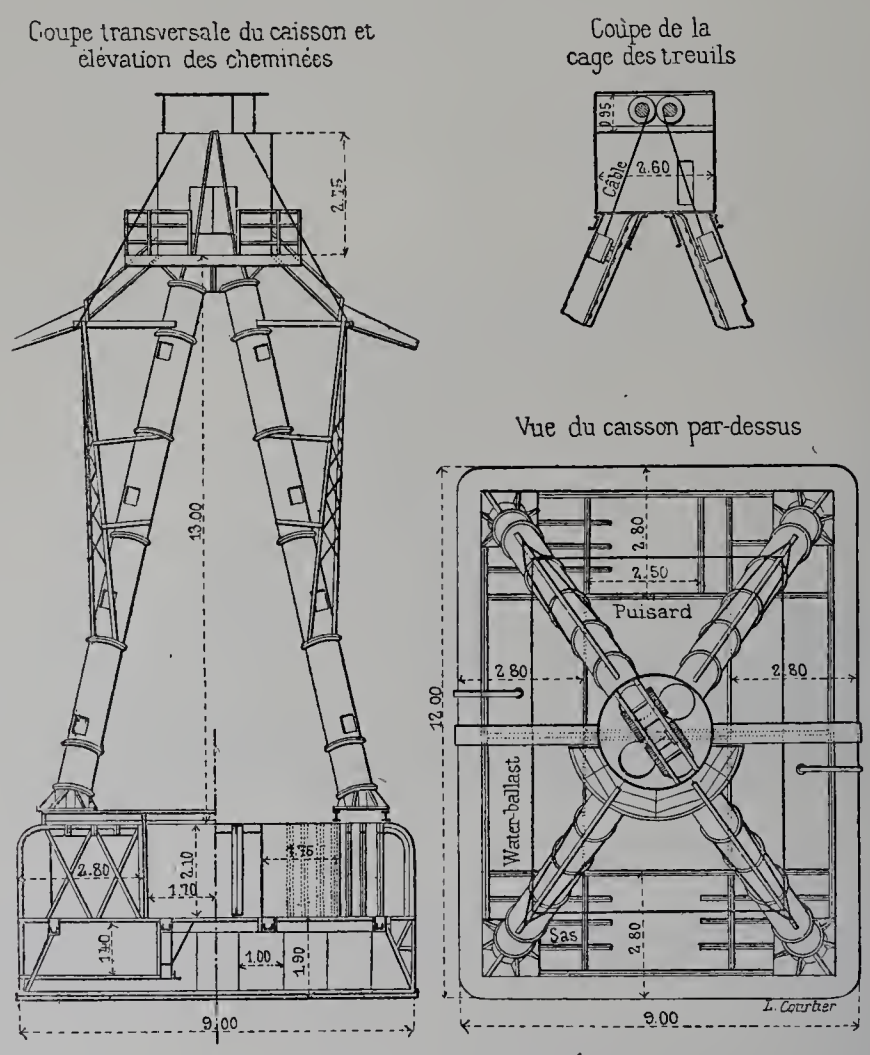
PORT DE SAINT-NAZAIRE.

Caisson à air comprimé employé à l'exécution des ouvrages de la nouvelle entrée, exécuté en 1897, mis en service en janvier 1898 pour la construction, en 1898 et 1899, des deux jetées convergentes de la nouvelle entrée du port et pour celle du batardeau, fermant provisoirement cette entrée en vue de l'exécution à sec des déblais. Le caisson, mesurant 12 mètres de longueur, 9 mètres de largeur et 4 mètres de hauteur, contenant une chambre de travail de 1 m. 90 de hauteur, porte à son sommet quatre colonnes creuses convergentes, de 0 m. 75 de diamètre et de 13 mètres d'élévation, servant au mouvement des ouvriers et des matériaux.

Le caisson fonctionne comme une cloche à plongeur. Enfoncé d'abord jusqu'au rocher sain, il est ensuite soulevé progressivement au moyen de 12 vérins hydrauliques.

Quand les maçonneries sont élevées à 1 mètre au-dessus du zéro, on le déleste et

on le déplace pour opérer un nouveau fonçage. On a employé deux caissons, un pour chaque jetée.



Echelle de 0.005 p 1 mètre ($\frac{1}{200}$)

Fig. 25. — Caisson à air comprimé de Saint-Nazaire.

Appareil dérocheur pour l'approfondissement du bassin de Saint-Nazaire. — La dérocheuse a été construite en 1893 et mise en service en 1894 pour enlever, au fond de la grande darse, une couche de rocher de 0 m. 30 à 1 m. 12 d'épaisseur, cubant 100,000 mètres cubes. C'est une dérocheuse à pilons, comprenant deux pilons à déclic, en acier, d'environ 11 mètres de longueur, pesant de 10 à 12 tonnes et tombant de 3 mètres. Ils sont suspendus à une charpente montée sur deux pontons. Les effets varient beaucoup avec la dureté de la roche. Les débris sont enlevés avec une drague à godets. Les travaux sont dirigés par M. l'ingénieur en chef Kerviler.

PORT DE LA PALLICE.

La difficulté d'accroître le tirant d'eau sur la voie d'accès au port de la Rochelle a conduit, sur l'avis de M. l'ingénieur hydrographe Bouquet de la Grye, à établir le port à grand tirant d'eau à 5 kilomètres de la Rochelle, auprès de la rade profonde de la

Pallice. L'exécution en a été commencée en 1881 et le port a été livré à la navigation en juin 1891. Les travaux de parachèvement sont aujourd'hui terminés.

L'avant-port, de 12 hectares et demi de superficie, est limité par deux jetées convergentes vers le large, laissant entre elles une passe de 90 mètres. Le fond en est arrasé à la cote — 5 mètres; il est muni de brise-lames. Le bassin à flot, d'une superficie de 11 hectares et demi, avec 1,600 mètres de quais, a son fond à la cote — 4 mètres. Il communique avec l'avant-port par une écluse de 167 m. 50 de longueur et de 22 mètres de largeur. Deux formes de radoub, l'une de 180 mètres de longueur, l'autre de 111 mètres, s'ouvrent dans ce bassin.

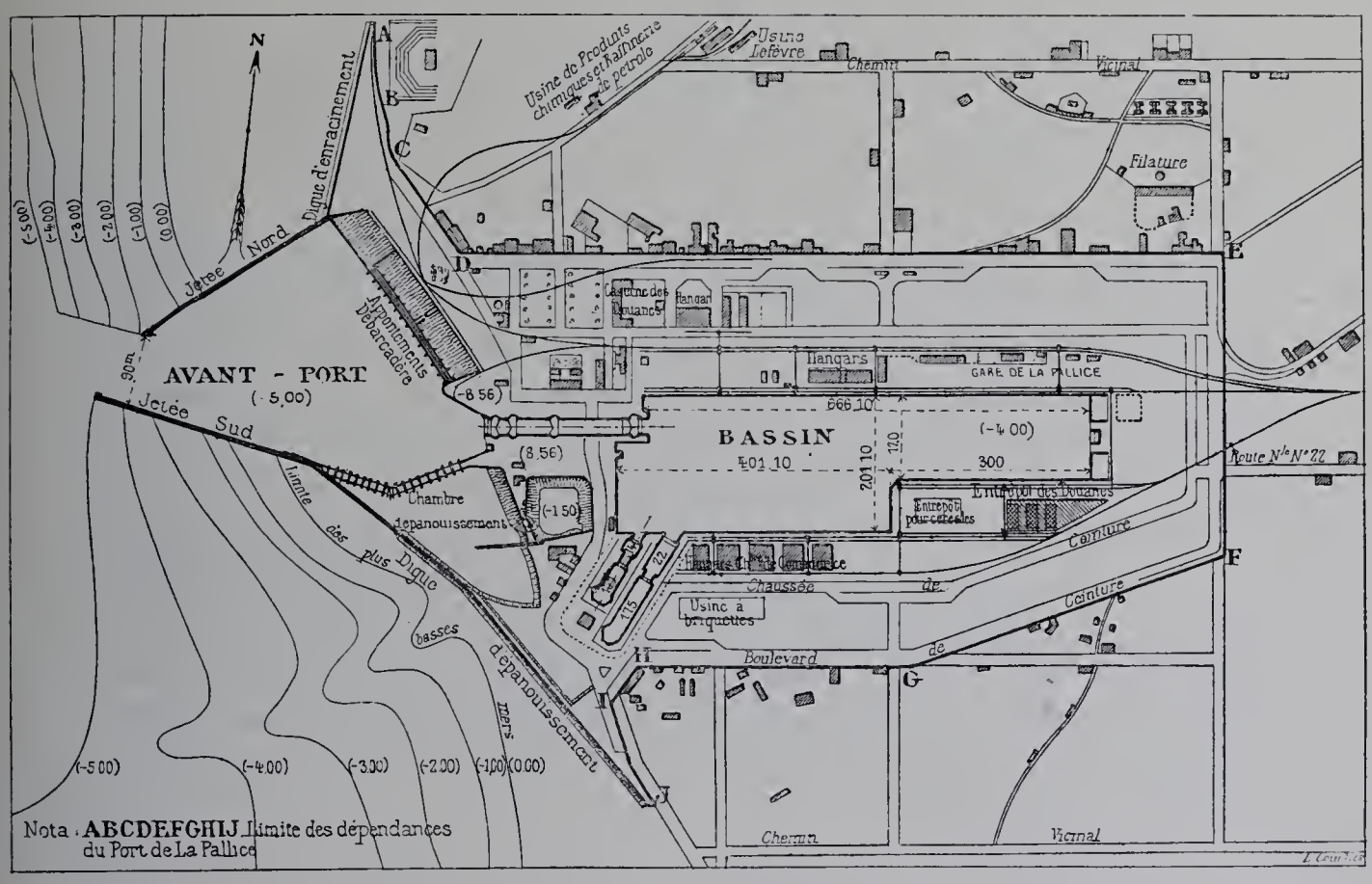


Fig. 26. — Chenal d'entrée et avant-port de la Pallice.

La dépense s'est élevée, pour les travaux, à 23 millions, sans compter les voies ferrées des quais et les installations de la Chambre de commerce. Les travaux ont été exécutés par MM. les ingénieurs Coustolle et Viennot.

PORT DE BORDEAUX.

Amélioration des passes de la Garonne maritime entre Bordeaux et le Bec d'Ambès. — Les fonds de la Garonne, entre Bordeaux et le Bec d'Ambès, confluent de la Dordogne, sur une longueur de 25 kilomètres, sont composés de matériaux extrêmement mobiles, dont le déplacement donne lieu à des hauts fonds très gênants pour

la navigation. Ni les digues de rives en enrochements, construites par tronçons isolés, de 1850 à 1880, ni les dragages entrepris alors dans le lit du fleuve n'ont produit d'amélioration stable.

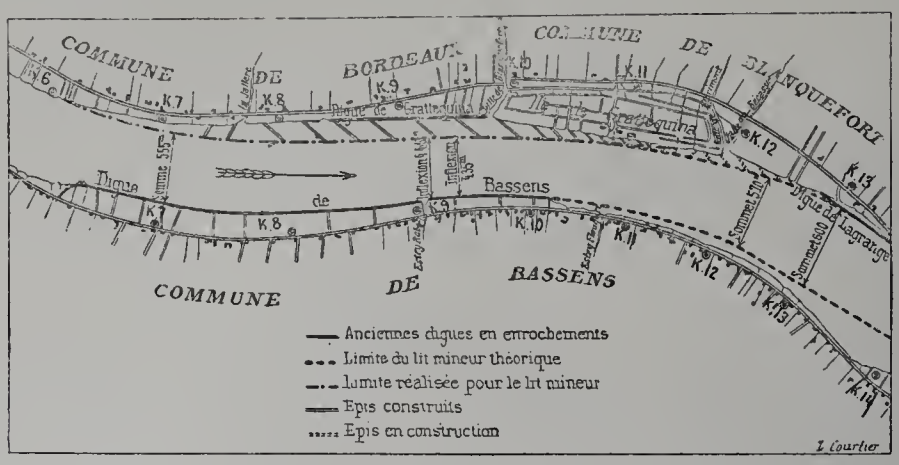


Fig. 27. — Passe de Bassens.

On s'attache maintenant à corriger, dans les passes défectueuses, les mauvaises courbures du lit par des rectifications de berges; les défauts de continuité dans la succession des sections mouillées, par la construction d'épis plongeants combinée avec des dragages. Ces travaux, dont les plus importants ont été exécutés dans les passes de *Bassens* (33 épis formés de pieux et de clayonnages et 785,000 mètres cubes de dragages), du *Caillou* et du *Bec d'Ambès,* ont donné des résultats satisfaisants.

Travaux de défense de la pointe de Grave. — La corrosion de plus en plus prononcée de la pointe de Grave, où la laisse de basse mer a reculé d'environ 700 mètres de 1785 à 1845, a déterminé l'exécution, depuis 1840, d'importants travaux répartis entre trois chantiers, ceux des *Huttes* et de *la Claire,* du côté de l'Océan, celui du *Fort*, du côté de la Gironde. Parmi les ouvrages de date récente, le plus considérable est le brise-lame longitudinal de la Claire, de 1,030 mètres de longueur, actuellement en cours d'exécution.

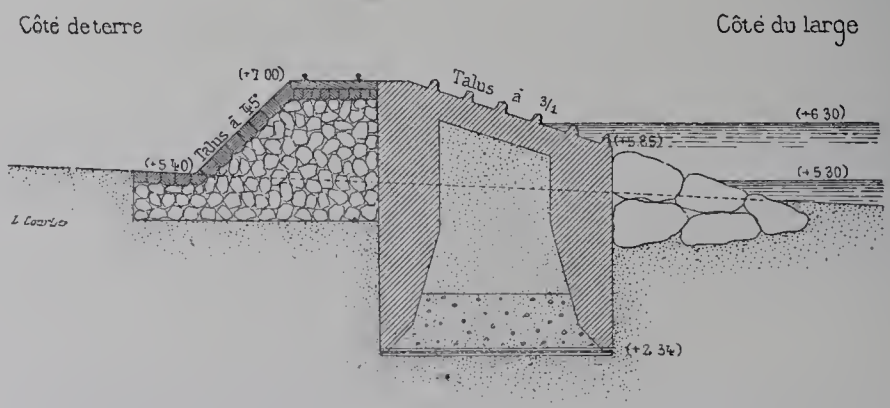


Fig. 28. — Profil type du brise-mer de la Claire.

Il se compose principalement d'une série de blocs creux de 4 mètres sur 4 mètres, à paroi supérieure inclinée vers la mer, que l'on enfonce par havage jusqu'à la cote

+ 2,80 et que l'on défend du côté de la mer par des blocs naturels de 1,000 à 2,000 kilogrammes. La dépense prévue pour cet ouvrage monte à 1,100,000 francs.

Les dépenses relatives à l'ensemble des travaux de défense se sont élevées, de 1839 à 1900, à 13,200,000 francs.

Les travaux d'amélioration des passes de la Garonne et de défense de la pointe de Grave ont été principalement exécutés par MM. les ingénieurs Crahay de Franchimont et Vidal, avec l'assistance de M. le conducteur Kerbrat et de M. l'entrepreneur Daste.

PORT DE CETTE.

Épis Dellon. — Les épis Dellon, construits de 1881 à 1895, prolongent le brise-lame de 850 mètres à l'Est et de 150 mètres à l'Ouest. Ils ont pour objet de protéger les passes d'entrée du port contre les tempêtes du large et de maintenir une profondeur suffisante dans ces passes, qui tendaient à s'ensabler. Ces résultats ont été obtenus. Le tirant d'eau a passé dans la passe de l'Ouest et dans la passe intérieure, par le seul effet de la construction des épis, de 6 mètres à plus de 7 m. 50.

La structure adoptée comporte un noyau de pierrailles enveloppé de blocs naturels et défendu par des blocs artificiels de 20 mètres cubes, régulièrement arrimés, et dont

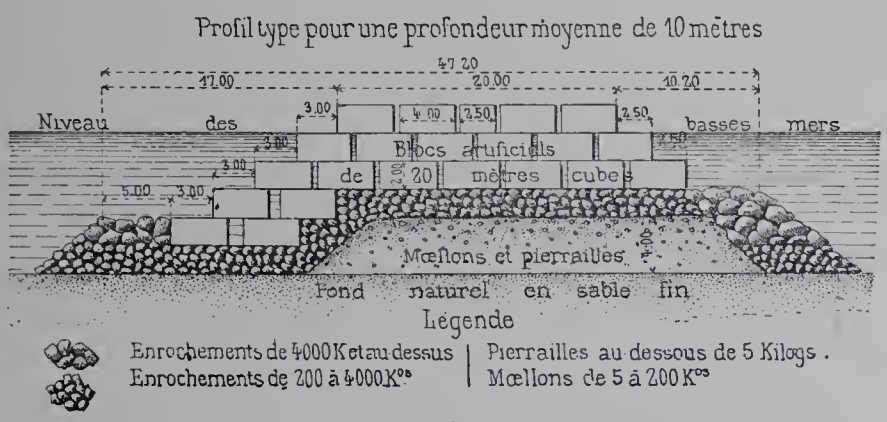


Fig. 29. — Épis Dellon.

les intervalles ont été remplis : sous l'eau, avec des moellons, au-dessus de l'eau, avec du béton ou de la maçonnerie. Les talus du musoir Est ont dû être renforcés par des blocs de 30 mètres cubes. La dépense moyenne par mètre courant de jetée, construite par 10 mètres de fond, a été de 5,750 francs.

Les projets, dressés par M. l'ingénieur en chef Dellon, ont été, depuis 1890, exécutés par M. l'ingénieur en chef Parlier et par M. l'ingénieur Hermann.

PORT DE MARSEILLE.

Travaux de construction du bassin de la Pinède. — L'accroissement de tonnage du port de Marseille et l'insuffisance des quais a fait entreprendre, au Nord du

bassin National, la construction d'un nouveau bassin, dit *bassin de la Pinède,* en vertu de la loi du 17 juin 1893, autorisant, à cet effet, une dépense de 20 millions de francs.

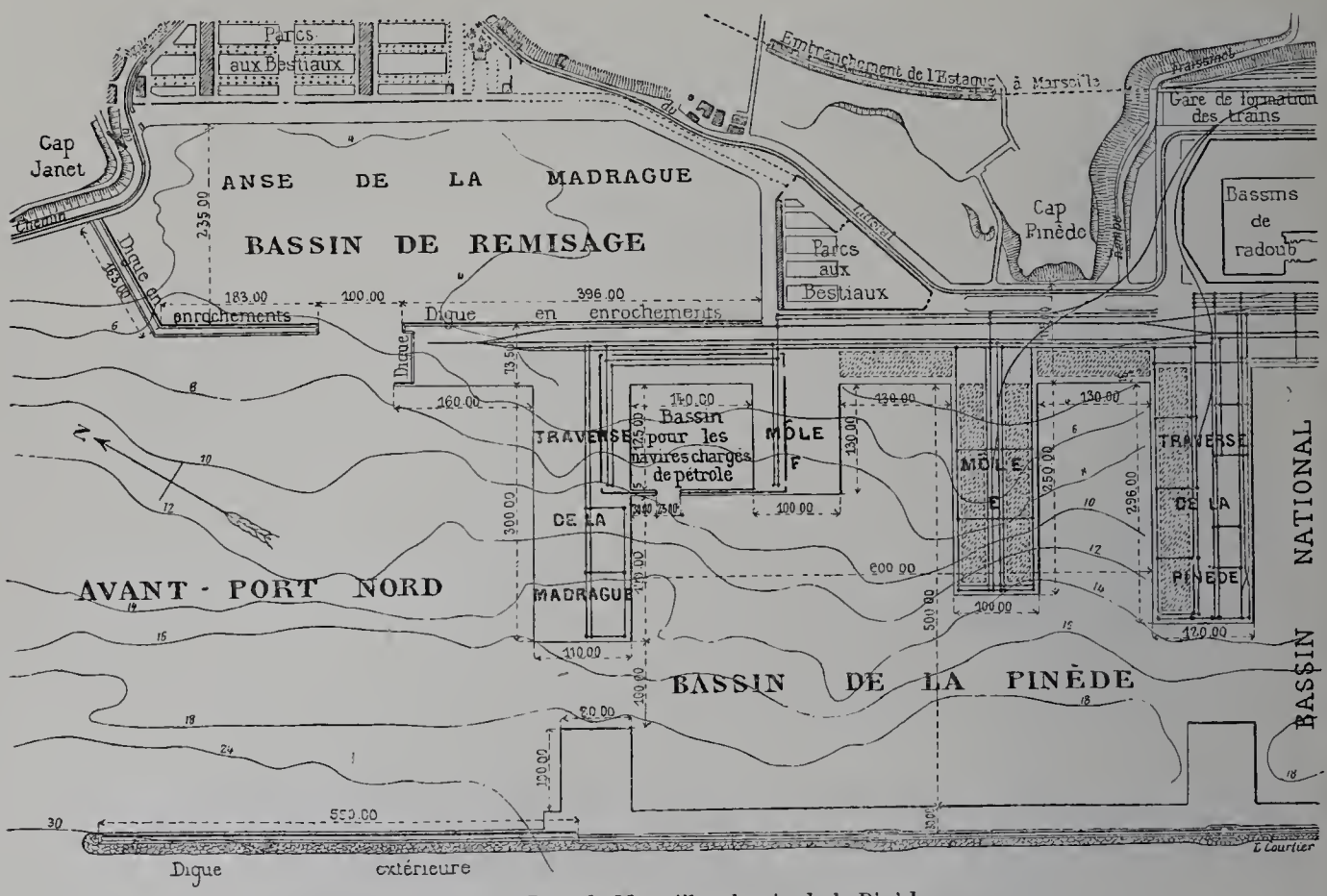


Fig. 30. — Port de Marseille : bassin de la Pinède.

Le bassin de la Pinède, construit à la suite et au Nord des bassins précédents, dans les mêmes conditions que ceux-ci, aura la forme d'un rectangle de 600 mètres de longueur sur 500 mètres de largeur, limité au Sud par la traverse de la Pinède, au Nord par une nouvelle traverse, dite *de la Madrague ;* à l'Ouest, par la digue extérieure abritant aujourd'hui l'avant-port ; et, à l'Est, par un quai de rive. La digue extérieure sera prolongée de manière à former un nouvel avant-port. Deux môles, de 100 mètres de largeur, seront construits dans l'intérieur du bassin. Dans l'anse de la Madrague sera exécuté, ouvert sur l'avant-port, un bassin de remisage pour les navires désarmés ou en démolition.

Les premiers travaux en cours sont : le prolongement de la digue extérieure, par des fonds de 25 à 35 mètres, suivant le profil et la méthode antérieurement appliqués, et la fondation des murs de quai par des procédés spéciaux. On emploie, pour ce dernier travail, de grands caissons métalliques, au nombre de cinq, longs de 18 à 20 mètres et larges de 5 m. 40 à 9 mètres, qui fonctionnent comme cloches à plongeur. On y exécute le dressage et parfois la fouille du rocher, et l'on y monte la maçonnerie du mur, construite par assises de 1 m. 20 de hauteur. Les vides compris entre les blocs de

chaque assise sont remplis lors de la construction de l'assise supérieure. A cet effet, on dispose chacun des blocs de cette assise de manière qu'il soit à cheval sur deux blocs de l'assise précédente, et on remplit l'intervalle resté entre ceux-ci avec de la maçonnerie, après en avoir fermé les extrémités, au scaphandre, par des murettes en briques et en avoir épuisé l'eau. On monte ainsi la muraille jusqu'à 1 m. 50 au-dessous du niveau de la mer. De ce point jusqu'à 0 m. 50 au-dessus du même niveau, on maçonne à l'air libre, par épuisements, au moyen d'un sixième caisson, dit *caisson batardeau,* mesurant 17 mètres de longueur, 4 m. 20 de largeur et 2 m. 90 de hauteur. On coiffe, avec ce caisson, chaque bloc de la dernière assise, mesurant 16 m. 50 de longueur sur 3 m. 70 de largeur, on bouche les interstices avec des pièces de bois garnies de cordes tressées et on épuise avec une pompe centrifuge. On exécute environ 400 mètres cubes de maçonnerie par caisson et par mois.

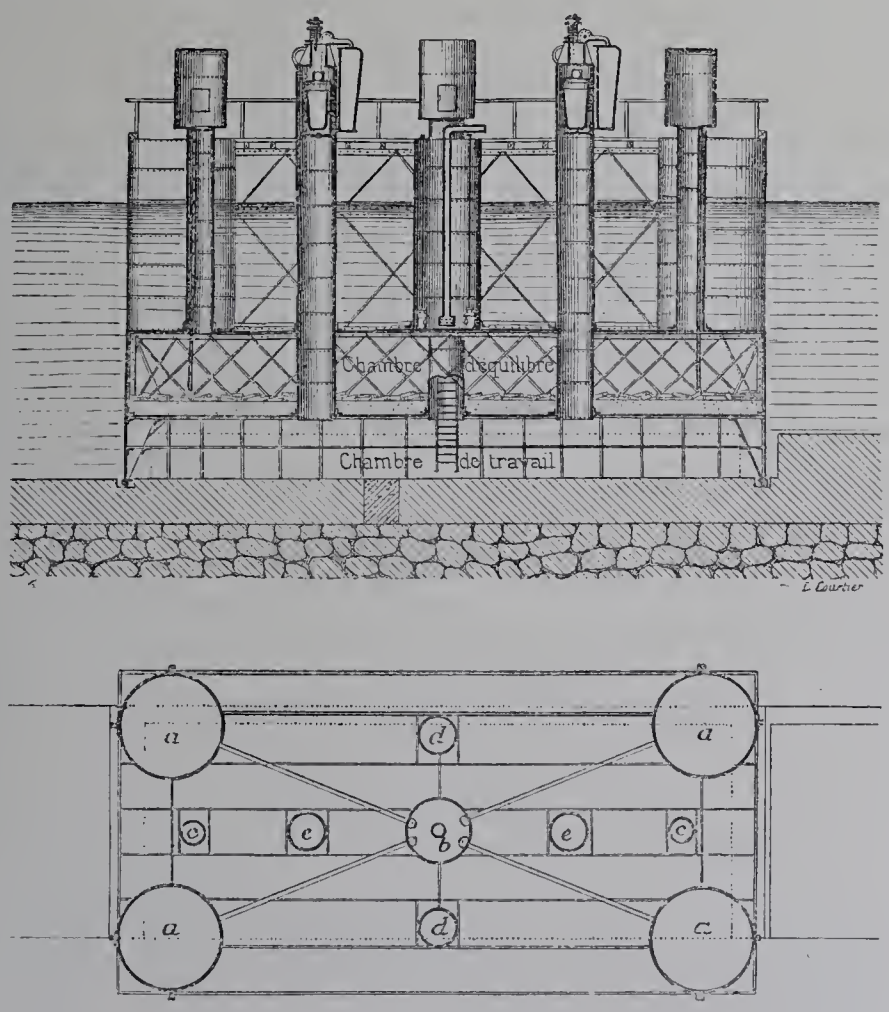


Fig. 31. — Caisson à air comprimé.

Le projet, dressé par M. l'ingénieur en chef Guérard, est exécuté sous la direction de M. l'ingénieur en chef Batard-Razelière, assisté de M. l'ingénieur Margaine, par M. Zchokke, entrepreneur.

IMPRIMERIE NATIONALE.

IV. CHEMINS DE FER.

Les longueurs totales des chemins de fer d'intérêt général, des chemins de fer d'intérêt local et des tramways exploités en France, étaient respectivement :

	INTÉRÊT GÉNÉRAL.	INTÉRÊT LOCAL.	TRAMWAYS.
	kilom.	kilom.	kilom.
Au 31 décembre 1878	22,388	2,068	322
Au 31 décembre 1888	32,877	2,386	939
Au 31 décembre 1898	37,650	4,280	3,282

Il résulte de ces chiffres que l'accroissement total pour l'ensemble de ces trois systèmes de voies ferrées a été de 11,424 kilomètres pour la période décennale 1878-1888, et de 9,010 kilomètres pour la période décennale 1888-1898 ; mais, pour les principales de ces voies, les lignes d'intérêt général, le gain n'est que de 4,773 kilomètres de 1888 à 1898, tandis qu'il avait été de 10,489 kilomètres de 1878 à 1888. Il y a donc eu, comme cela pouvait d'ailleurs être prévu, un ralentissement considérable dans la construction des lignes d'intérêt général après la période de grande activité inaugurée par l'adoption du *programme Freycinet*. Par contre, les chemins de fer d'intérêt local et les tramways ont beaucoup gagné alors que s'amoindrissait le progrès des chemins de fer d'intérêt général. Malgré cet amoindrissement, plusieurs lignes récentes possèdent des ouvrages d'art, notables à divers titres, que le Ministère des travaux publics a exposés, et dont les principaux vont être passés en revue.

LIGNE DE BOURGES À COSNE.

Viaduc de Cosne sur la Loire. — Le viaduc de Cosne (1890-1893), à double voie, d'une ouverture totale de 826 mètres entre les culées, comprend 14 travées métalliques, indépendantes, de 57 m. 96 d'axe en axe des appuis. Les piles en maçonnerie,

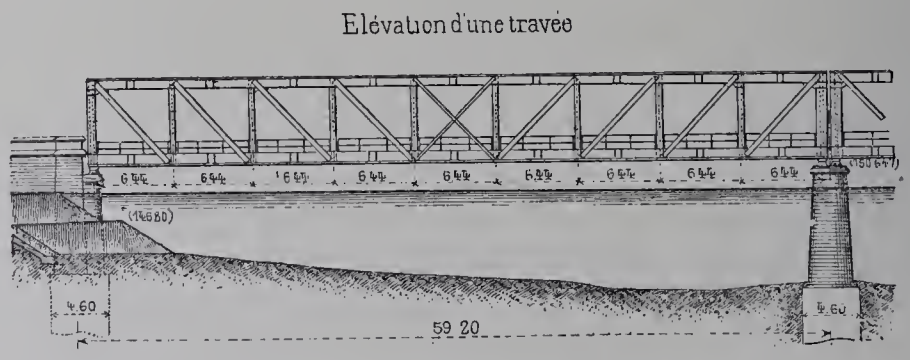


Fig. 32. — Viaduc de Cosne.

de 2 m. 70 d'épaisseur, sont fondées à l'air comprimé à des profondeurs atteignant 14 m. 46. Les poutres maîtresses, à diagonale unique, travaillant à l'extension, mesu-

rent 6 m. 90 de hauteur et 8 m. 59 d'écartement. La voie est placée dans leur partie inférieure.

Le rivetage a été fait mécaniquement, au moyen de riveuses hydrauliques. Le poids du métal atteint 4,116 tonnes. Les dépenses se sont élevées à 2,291,400 francs, dont 1,420,000 francs pour le tablier métallique.

M. l'ingénieur en chef Lethier a projeté et exécuté les travaux avec l'assistance de M. le conducteur Comte.

LIGNE DE BOURGES À GIEN.

Viaduc de Gien, sur la Loire. — Ce viaduc, construit à voie unique, de 1887 à 1893, se compose, à partir de Gien, des ouvrages suivants :

1° Un viaduc en maçonnerie, de 15 arches en plein cintre de 16 mètres d'ouverture, mesurant 271 m. 79 ;

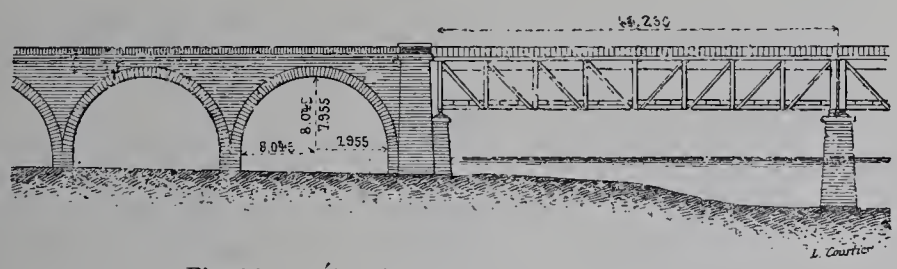


Fig. 33. — Élévation partielle du viaduc de Gien.

2° Un pont métallique sur la Loire, de 7 travées indépendantes, comprenant 2 travées de rive, de 43 m. 65, et 5 travées intermédiaires, de 54 m. 30, appuyées sur des piles fondées à l'air comprimé ;

3° Un viaduc en maçonnerie, de 1,209 m. 79 de longueur, comprenant 70 arches à plein cintre ou elliptiques, d'ouverture décroissante avec la hauteur, savoir : 30 de 16 mètres, 15 de 15 mètres, 15 de 14 mètres et 10 de 13 mètres.

Le tablier métallique comprend deux poutres en N, à diagonale unique, espacées de 3 m. 50, hautes de 5 m. 24, portant la voie à leur partie supérieure. Le poids du métal est de 987,738 kilogrammes.

La dépense totale monte à 2,543,000 francs.

Les projets ont été dressés et les travaux dirigées par M. l'ingénieur en chef Lethier, assisté de M. l'ingénieur Rossignol et de M. le conducteur Raimbault.

LIGNE D'ISSOUDUN À SAINT-FLORENT.

Viaduc de Saint-Florent, sur le Cher, construit de 1889 à 1892. Ce viaduc, long de 524 m. 46, élevé de 24 m. 70 au-dessus de l'étiage du Cher, se compose de

14 arches en plein cintre, de 30 mètres d'ouverture, à tympans évidés par 3 arcades de 4 m. 30.

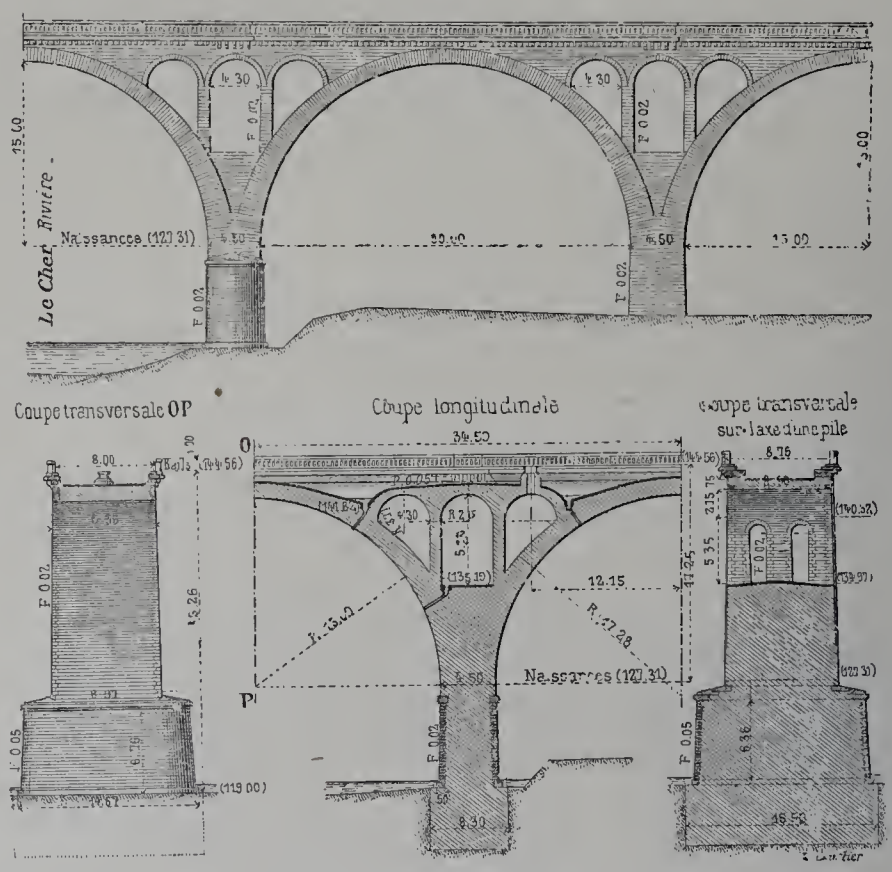


Fig. 34. — Élévation partielle et détail des piles du viaduc de Saint-Florent.

La largeur entre les parapets est de 8 m. 30. Trois piles ont été fondées à l'air comprimé, les dix autres et les culées à l'air libre. La dépense s'est élevée à 1,325,000 francs.

M. l'ingénieur Pérard a dirigé l'exécution du travail.

CHEMINS DE FER DÉPARTEMENTAUX DE LA SARTHE.

Le réseau départemental de la Sarthe, à voie de 1 mètre, d'une longueur totale de 121,090 mètres, comprenant les trois lignes du Mans à Saint-Cosme, du Mans à Mayet et de Mamers à La Ferté-Bernard, a été exécuté de 1895 à 1898, dans des conditions d'économie exceptionnelles, qui tiennent tant à l'étude très soignée des tracés qu'au coût très réduit des ouvrages d'art, dû à l'ingéniosité de la structure. La dépense moyenne par kilomètre s'est réduite à 41,498 francs, et même seulement à 29,534 francs si l'on défalque les sommes dépensées pour la grande gare du Mans et pour le payement aux concessionnaires d'une prime de 15 p. 100. Cependant, le terrain était accidenté et les lignes comportaient un assez grand nombre d'importants ouvrages d'art, dont quatre, choisis parmi les plus intéressants, sont décrits ci-dessous. Tous les travaux ont été projetés et exécutés par M. l'ingénieur en chef Harel de la Noë, assisté de MM. les conducteurs Maillard, Plard et Plet.

Pont en X, au Mans, sur la Sarthe (1897-1898). — Cet ouvrage, composé de deux ponts qui se croisent, affectés : l'un à un chemin de fer départemental, l'autre à un tramway électrique, compte cinq piles en rivière, dont une à deux colonnes à la croisée des voies. Les quatre autres sont des colonnes de 1 mètre de diamètre, élargies à leur tête par des encorbellements en forme de consoles. Piles, tablier et garde-corps sont construits en béton armé. L'emploi de vieux rails a procuré une grande économie. Tous les parements vus du ciment sont décorés de mosaïques polychromes en cailloux et fragments de scories. La dépense totale a été de 33,000 francs, fondations comprises, et de 28,620 francs sans les fondations, ce qui fait ressortir le mètre carré de tablier au prix extrêmement bas de 66 francs.

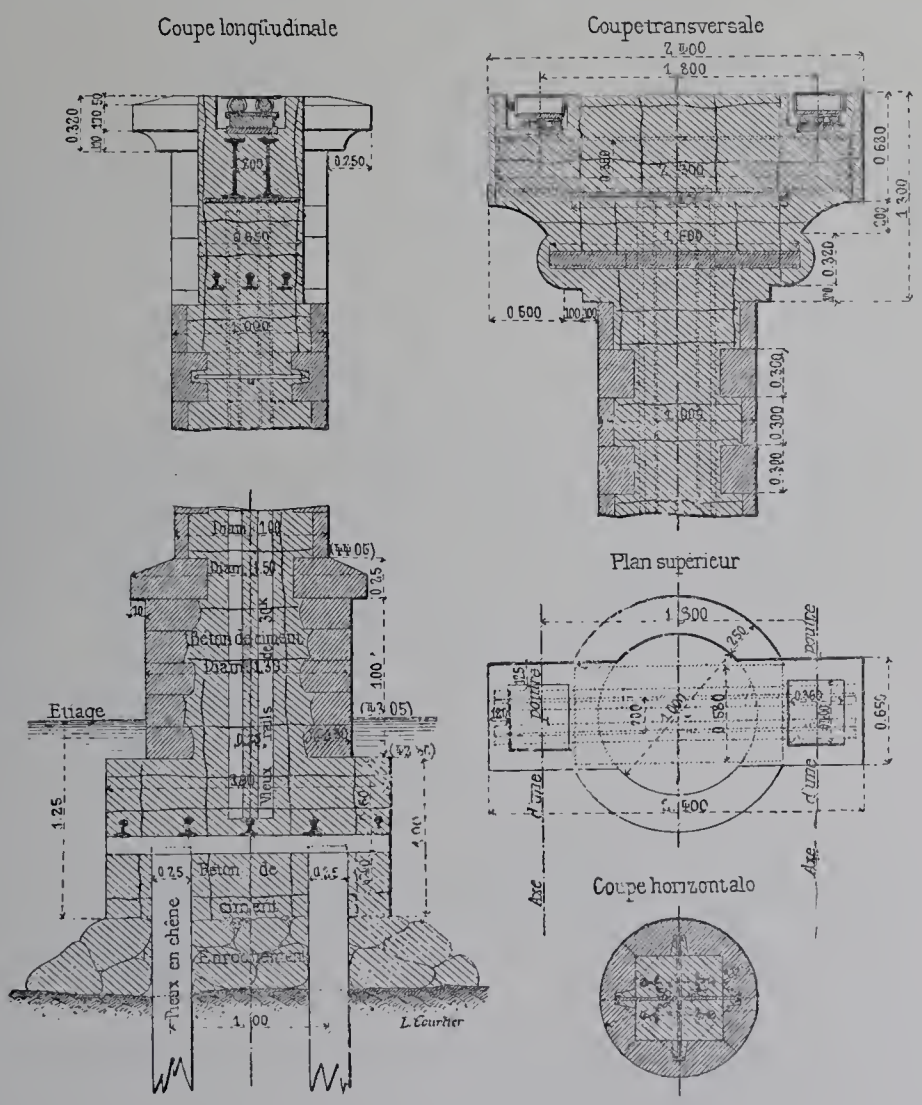


Fig. 35. — Détails d'une pile du pont en X.

Pont de Fillé sur la Sarthe (1895-1896). — La voie est soutenue par deux fermes métalliques, distantes d'axe en axe de 5 m. 75. Chaque ferme à triple articulation, mesure 56 m. 33 aux naissances, entre les axes des rotules. Chaque demi-ferme, composée d'un arc, d'un longeron et d'une pièce inclinée partant de la naissance de

l'arc et rejoignant le longeron, reliés ensemble par des barres verticales et obliques, est disposée en forme de pièce d'égale résistance. La dépense totale n'a été que de 62,000 francs; soit, par mètre courant de plancher, 81 francs, non compris les fondations, et 111 francs, fondations comprises.

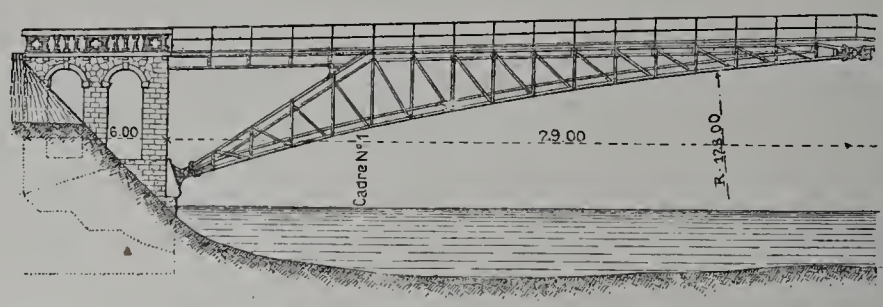


Fig. 36. — Demi-élévation du pont de Fillé.

Pont de Saint-Georges sur la Sarthe (1895-1897). — Le tablier porte sur six travées solidaires d'une portée variable de 13 m. 60 à 20 mètres et d'une longueur totale de 96 mètres. Il est soutenu par des piles métalliques oscillantes, appuyées sur des dés en maçonnerie de ciment.

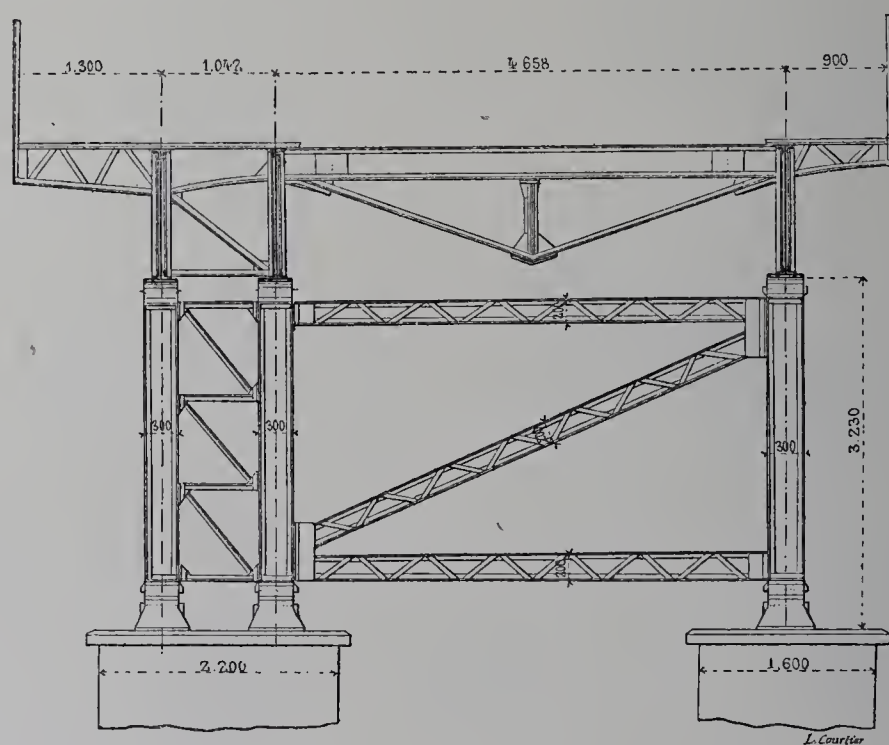


Fig. 37. — Entretoises sur piles du pont de Saint-Georges.

Dans chaque travée, les piles métalliques et les poutres sont au nombre de trois, inégalement espacées, dont deux sous rails, rapprochées l'une de l'autre, et la troisième plus éloignée sous la bordure du trottoir. La dépense totale a été seulement de 81,025 francs, soit, par mètre carré de plancher, 89 francs sans les fondations, et 101 francs, fondations comprises.

Viaduc de Dehault (1896-1897). — La partie métallique, comprise entre deux petits viaducs en maçonnerie, se compose de deux poutres continues, formant garde-corps, de 109 m. 20 de longueur, portant sur 5 piles oscillantes, appuyées sur des dés en maçonnerie. Les travées extrêmes ont 15 m. 60 de portée et les intermédiaires 19 m. 50.

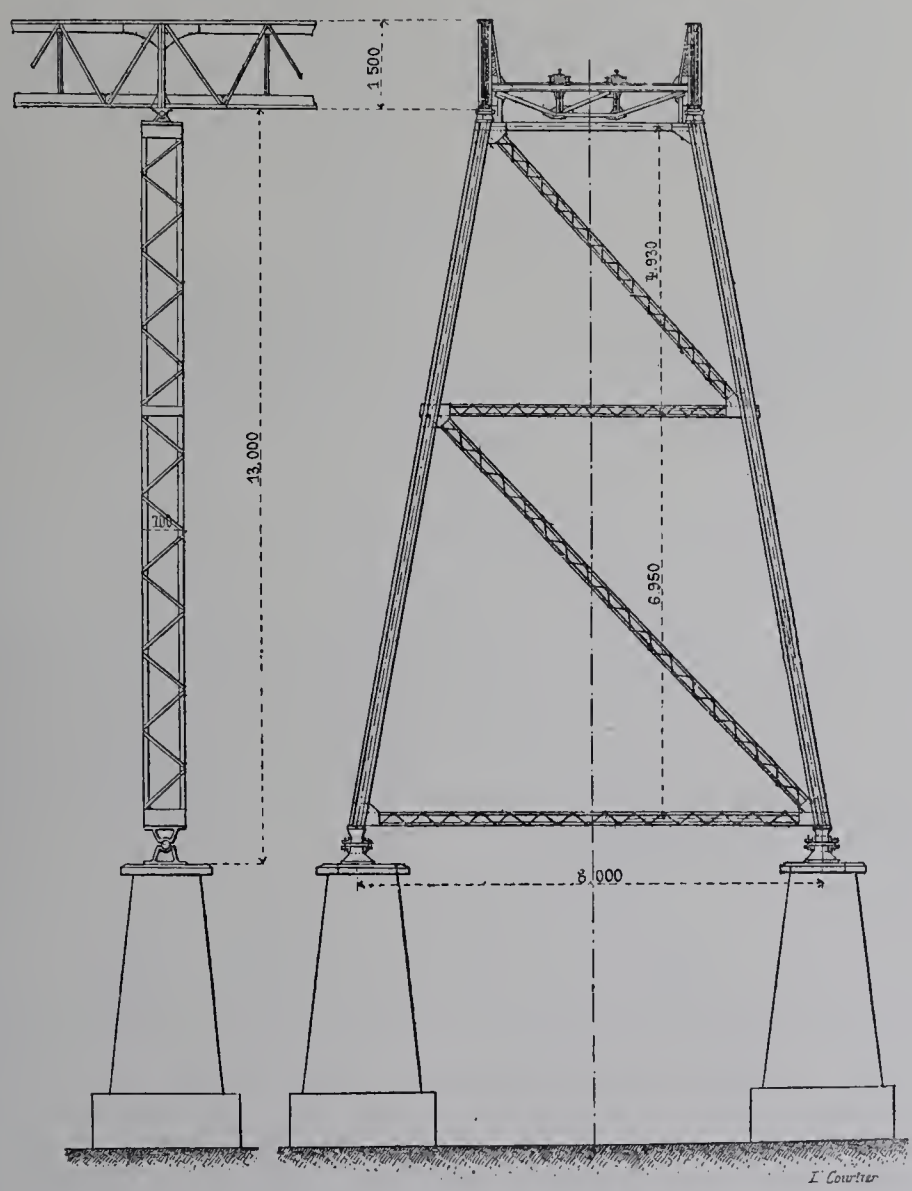


Fig. 38. — Viaduc de Dehault : élévation et coupe transversale au droit d'une pile.

La dépense totale s'est réduite à 59,560 francs, fondations comprises, et à 54,560 francs sans les fondations, soit, en élévation, 28 francs ou 30 francs par mètre carré.

LIGNE DE NONTRON À SARLAT.

Type de ponts métalliques. — La poutre de rive est supprimée et remplacée par une poutre en N, de moindre poids que la plupart des garde-corps courants.

Types de souterrain. — L'acqueduc, au lieu d'être central, est sur le côté, ce qui permet de le curer sans dégarnir la voie.

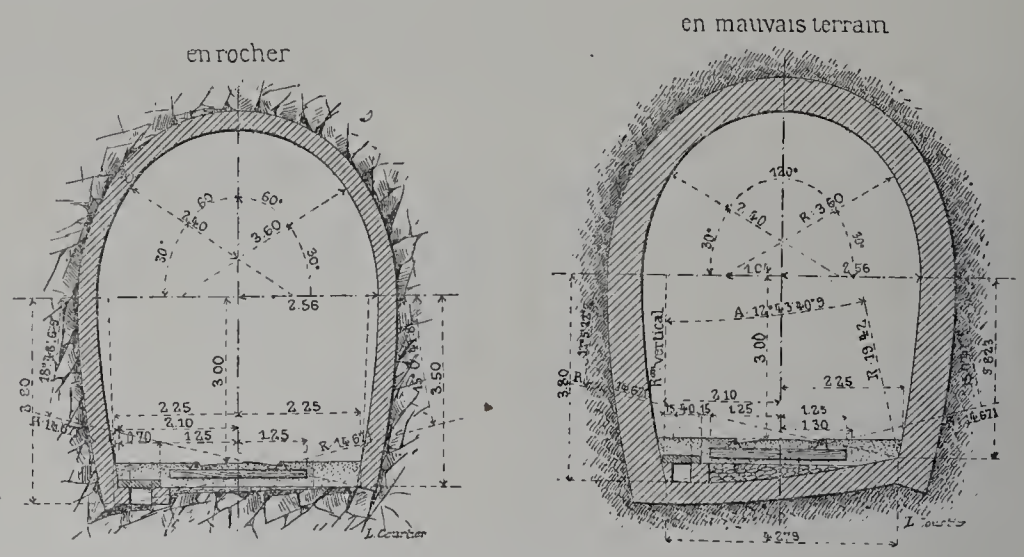


Fig. 39. — Types de souterrain de la ligne de Nontron à Sarlat.

Passerelle du Forniol (1897). — Cette passerelle pour piétons, d'une portée de 15 mètres, est constituée par deux poutres courbes en *N*, réunies par un joint flexible à la clef, et articulées aux naissances. Le platelage se compose d'une tôle striée de 0 m. 005 d'épaisseur, couverte d'une couche d'asphalte de 0 m. 015. La dépense s'est élevée : pour les maçonneries, à 1,221 francs, et, pour les fers, à 843 francs, soit, en tout, 2,064 francs et par mètre linéaire, à 94 fr. 68.

Ces divers travaux ont été étudiés et exécutés par M. l'ingénieur en chef Pihier, assisté de M. l'ingénieur Mesnager.

LIGNE DE CARMAUX À RODEZ.

Viaduc du Viaur. — Avec les 220 mètres de portée de sa travée centrale, le viaduc du Viaur est, après le pont du Forth, l'ouvrage métallique rigide, construit en Europe, qui présente le plus grand écartement entre ses points d'appui. La construction de cet ouvrage ayant été mise au concours, à la suite de nombreuses études faites par les ingénieurs de l'État, et huit projets ayant été présentés par les cinq concurrents admis, celui de la *Société de construction des Batignolles* fut primé et adopté en principe (août 1889). Les dispositions définitivement arrêtées comportent un arc central de 220 mètres de portée et de 53 m. 73 de flèche, articulé à la clef, continué de chaque côté par un demi-arc en encorbellement de 69 m. 60 de portée, le tout reposant, par des articulations, sur des massifs de maçonnerie, dits *piles-culées*. A l'extrémité de chacun des demi-arcs en encorbellement, se trouve une travée en poutre droite, de 25 m. 40 de portée, dite *travée de raccordement*, qui unit ce demi-arc à l'arrière-culée en maçonnerie, de manière que les déformations puissent se faire librement. La distance entre les arrière-culées est de 410 mètres et la hauteur du rail au-

dessus du thalweg du Viaur de 116 mètres. La longueur totale de l'ouvrage est de 460 mètres.

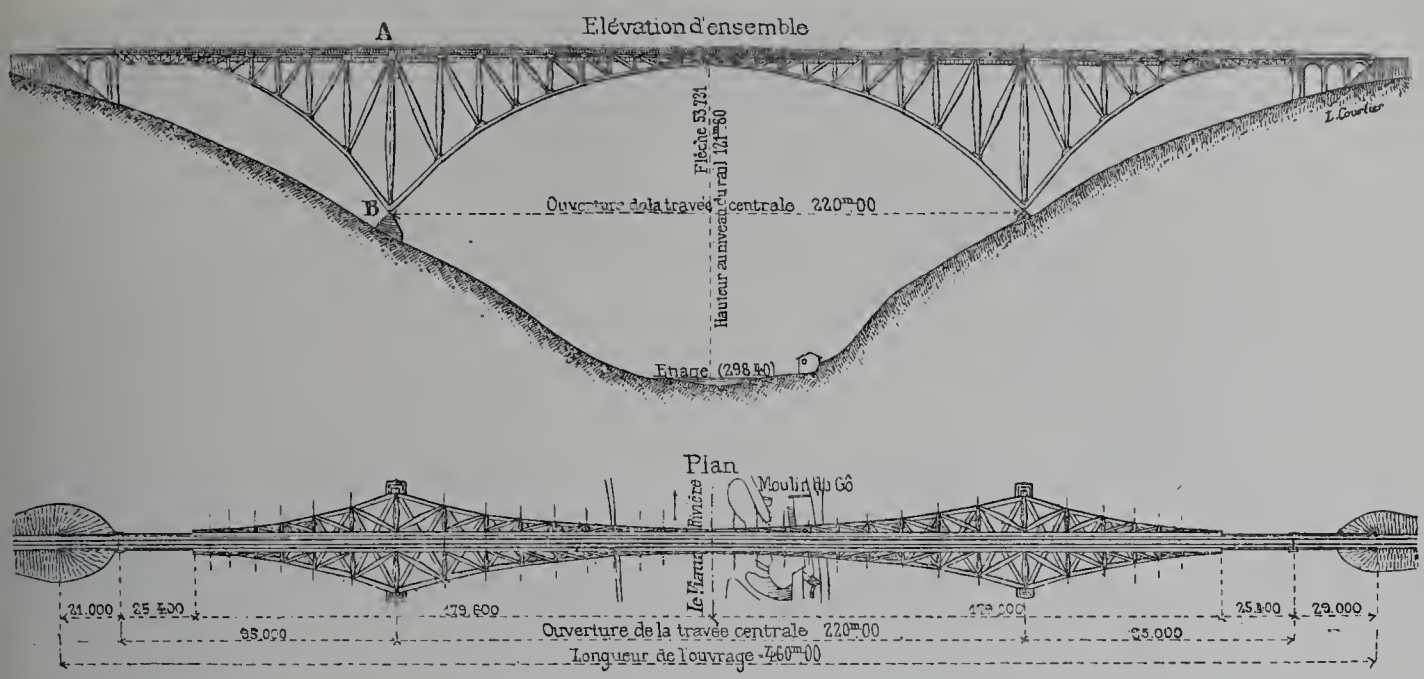


Fig. 40. — Viaduc du Viaur.

Les fermes principales, au nombre de deux, sont inclinées l'une vers l'autre avec un fruit de 25 p. 100 sur la verticale. Les semelles, rectilignes en haut, polygonales en bas, sont triangulées par montants verticaux et barres obliques sans barres surabondantes.

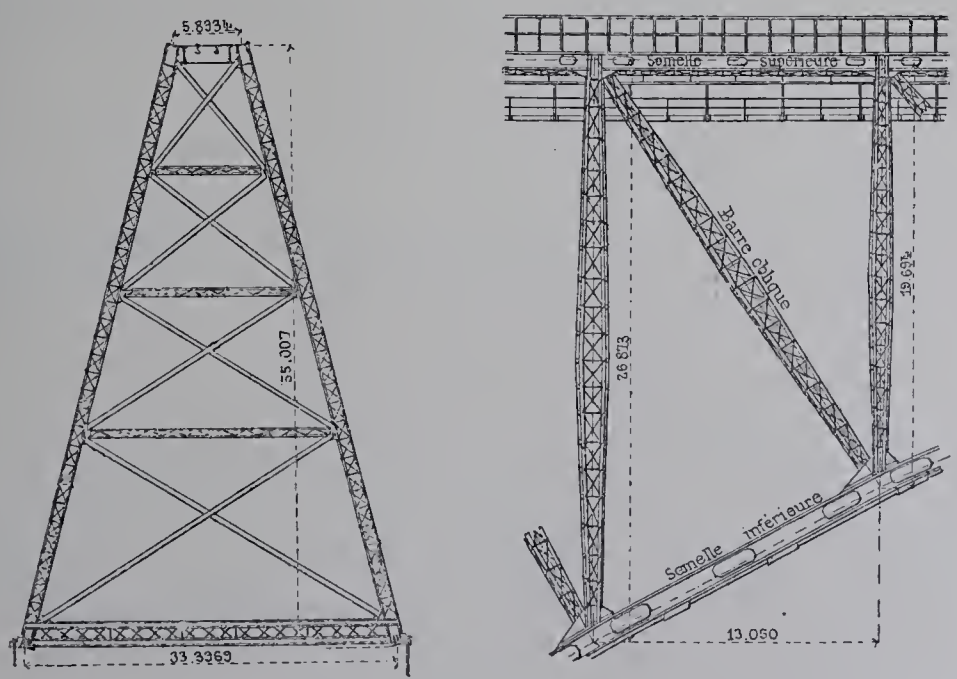


Fig. 41. — Viaduc du Viaur : coupe suivant AB (fig. 40) et élévation partielle.

L'écartement des deux fermes est maintenu : 1° par des entretoises et des croix de Saint-André, contreventant les semelles inférieures; 2° par des croix de Saint-

André ou des contre-fiches disposées entre les montants et les barres obliques qui se correspondent d'une ferme à l'autre.

Les semelles ont, en section, la forme d'un U à parois pleines.

La majeure partie des montants, des barres obliques et des pièces de contreventement sont à section tubulaire, avec faces à claire-voie; les autres sont à double T, avec âme à treillis. Les montants et les barres les plus chargés ont reçu, dans le plan des fermes, une forme en fuseau.

Le tablier supérieur consiste en un grillage formé de pièces de pont principales, de longerons principaux, de pièces de pont secondaires et de longerons secondaires donnant appuis aux rails.

Un robuste garde-corps de 1 m. 94 de hauteur, capable de résister au choc d'une locomotive déraillée, est rivé sur les semelles supérieures.

La charpente métallique de chaque demi-ferme se termine, à la base, par une surface pleine de 1 m. 25 sur 1 m. 69, qui s'appuie, par l'intermédiaire d'une lame de plomb, sur une chaise en acier coulé. Celle-ci porte un segment de cylindre saillant de 0 m. 35 de rayon, qui s'emboîte dans un segment de cylindre creux de 0 m. 36 de rayon, creusé dans une chaise inférieure, également en acier coulé. Les pressions sont transmises au couronnement en granit des piles culées par une plaque de fonte.

Toute la charpente métallique est en acier laminé, à peu de chose près.

Le poids du métal atteindra 3,500 tonnes. La dépense prévue est de 2,500,000 francs.

Les demi-arcs en encorbellement sont montés d'abord sur des échafaudages en charpente.

L'arc central se construit ensuite en porte à faux.

Le montage des parties métalliques a été commencé en mars 1899. On espère le terminer à la fin de 1901.

L'approbation des dessins d'exécution et la direction des travaux reviennent à M. l'ingénieur en chef de Volontat et à M. l'ingénieur Théry, assistés de M. le conducteur Andrieu, qui a suivi les études depuis leur origine.

Viaduc de la Gascarie-sous-Rodez. — Le viaduc, à voie unique, de la Gascarie, en rampe de 20 millimètres, construit de 1894 à 1897, mesure 296 m. 30 de longueur totale et 49 m. 13 de hauteur maximum au-dessus des eaux d'étiage de l'Aveyron. Il se compose de 12 arches en plein cintre de 20 mètres d'ouverture, séparées par des piles à fruit variable de 4 mètres d'épaisseur aux naissances, dans lesquelles la pression moyenne par centimètre carré varie de 7,33 kilogrammes au pied de la plus haute pile, à 7,73 kilogrammes à 12 mètres au-dessous des naissances. Il n'a pas été fait de pont de service parallèle. Le montage s'est effectué, du niveau du sol au sommet de l'ouvrage, au moyen de passerelles métalliques de 21 mètres de portée et de 1 mètre de largeur, établies d'une pile à l'autre pour la construction des piles et in-

stallées latéralement aux piles pour la mise en place des cintres et la construction des voûtes. Les dépenses se sont élevées à 484,171 francs, fondations comprises.

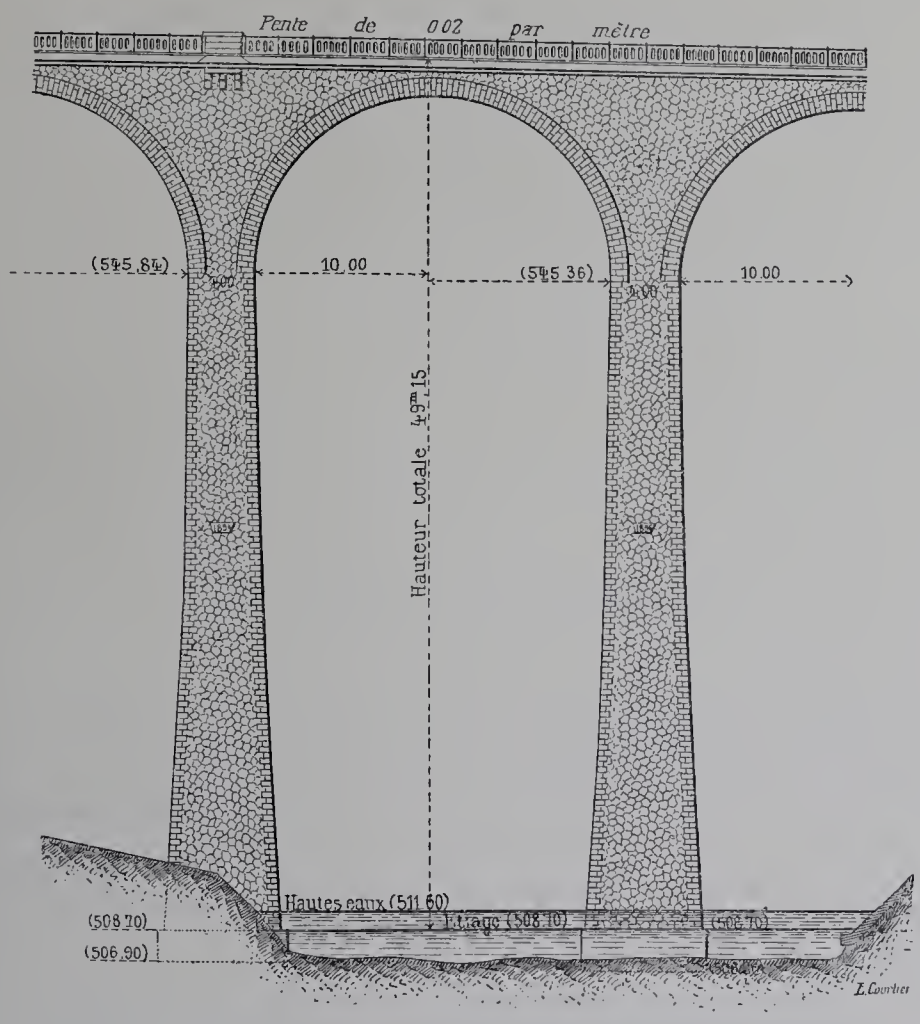


Fig. 42. — Élévation partielle du viaduc de la Gascarie.

Les travaux ont été projetés et exécutés sous la direction de M. l'ingénieur en chef Renardier, par M. l'ingénieur Mahieu.

LIGNE DE TOURNEMIRE AU VIGAN.

Viaduc de Lavassac. — Ce viaduc, à voie unique, se compose d'une seule travée métallique de 80 mètres d'ouverture, appuyée sur des culées en maçonnerie, fondées à l'air libre, à 11 m. 90 et à 14 m. 10 au-dessous de l'étiage de la rivière d'Arre. Le tablier métallique, en acier doux, est constitué par deux poutres droites de 83 m. 72 de longueur et de 9 m. 96 de hauteur, du système Linville. Le tablier est placé à 1 m. 80 au-dessous des semelles supérieures. Le poids du métal est de 417 tonnes. Les dépenses montent à 579,700 francs, dont 198,040 pour la partie métallique.

Les travaux ont été projetés et exécutés, sous la direction de M. l'ingénieur en chef Renardier, par M. l'ingénieur Faure.

LIGNE DE CASTELSARRASIN À BEAUMONT.

Pont de Belleperche sur la Garonne. — Le pont de Belleperche, à voie unique, construit de 1895 à 1900, se compose de 5 arches elliptiques de 33 mètres d'ouverture et de 8 m. 25 de montée, séparées par des piles de 4 mètres d'épaisseur aux naissances, fondées à l'air comprimé, à 8 m. 55 de profondeur maximum au-dessous de l'étiage de la Garonne. Les matériaux employés sont : le moellon, en remplissage; la brique, en parement, et la pierre de taille pour les chaperons des piles, les bandeaux des voûtes et la plinthe de couronnement.

La dépense totale monte à 290,800 francs, soit à 1,432 fr. 60 par mètre linéaire.

La part principale dans l'exécution du travail revient à M. l'ingénieur Hivonnait.

LIGNE DE QUILLAN À RIVESALTES (AUDE).

Viaduc de Rebuzzo, construit de 1898 à 1900, mesurant 95 mètres de longueur totale et 5 mètres de largeur entre les têtes, composé d'une grande arche centrale de 40 mètres d'ouverture, à tympans évidés par des arcades, et de deux arches latérales de 13 mètres. Dépense totale : 80,000 francs. Dépense par mètre carré d'élévation, 55 francs.

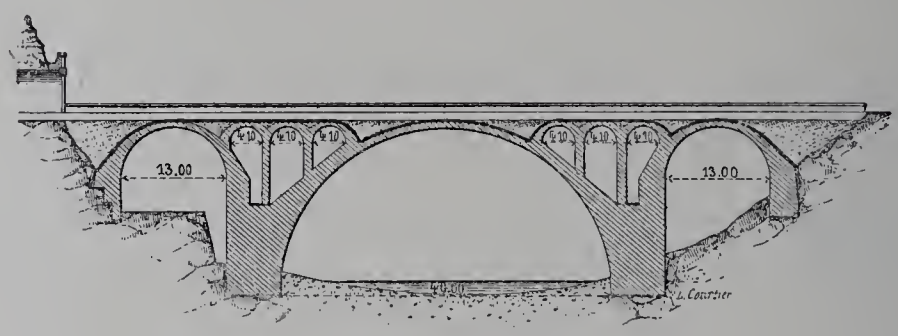


Fig. 43. — Coupe longitudinale du viaduc de Rébuzzo.

Pont d'accès à la station de Saint-Martin (1896-1897). — Arche en arc de cercle de 34 mètres d'ouverture, de 8 m. 86 de flèche et de 6 m. 50 de largeur entre les têtes. Dépense totale : 27,371 francs; dépense par mètre carré d'élévation, 78 francs.

Pont d'Axat (1898-1899). — Trois arches en plein cintre. Arche centrale de 30 mètres, arches latérales de 15 mètres. Largeur moyenne entre les têtes : 4 m. 80. Dépense totale : 53,865 francs; dépense par mètre carré d'élévation : 50 francs.

Pont d'Aliès (1898-1899). — Arche en plein cintre de 30 mètres, accompagnée d'une travée métallique biaise de 6 m. 50 et d'une arche de 4 mètres; largeur moyenne entre les têtes : 4 m. 60. Dépense totale : 35,655 francs; dépense par mètre carré d'élévation : 59 francs.

Viaduc de Saint-Georges (1897-1899). — Longueur totale : 192 m. 50. Neuf arches en plein cintre de 16 mètres d'ouverture et de 5 m. 16 de largeur entre les tympans; hauteur des rails au-dessus de l'étiage de la rivière : 21 mètres. Dépense totale : 160,585 francs; dépense par mètre carré d'élévation : 54 francs.

Viaduc de Lapradelle (1899-1900). — Longueur totale : 190 mètres. 12 arches en plein cintre de 12 mètres d'ouverture et de 5 mètres de largeur entre les tympans; hauteur maximum : 27 m. 50. Dépense totale : 160,160 francs; dépense par mètre carré d'élévation : 61 francs.

Les ouvrages décrits ci-dessus, très économiquement construits, ont été projetés et exécutés par M. l'ingénieur en chef Bouffet, assisté de MM. les ingénieurs Cornac et Gareau, de MM. les conducteurs Dupeyron et Rougé et de M. Roche, entrepreneur.

LIGNE D'ELNE À ARLES-SUR-TECH (PYRÉNÉES-ORIENTALES).

Viaduc de Reynès sur le Tech (1894-1896), à voie unique, biais, composé de deux travées solidaires de 60 mètres de portée, accompagnées de deux passages inférieurs sous poutres de 8 mètres et de 13 m. 50. Les grandes poutres, hautes de 6 mètres et écartées d'axe en axe de 4 m. 05, portent : à leur sommet, la voie ferrée; à leur pied, une chaussée asphaltée.

La dépense totale monte à 376,645 francs, et la dépense par mètre carré d'élévation à 110 fr. 77.

Viaduc d'Amélie-les-Bains, sur le Tech (1890-1892). — Viaduc en maçonnerie, de 110 m. 46 de longueur totale, de 4 m. 80 de largeur entre les têtes et de 24 mètres de hauteur maximum, composé de 3 arches en plein cintre de 26 mètres d'ouverture avec culées et tympans évidés par de petites voûtes de 2 m. 60. Dépense totale : 112,671 francs; dépense par mètre carré d'élévation : 62 fr. 74.

Ces deux ouvrages ont été exécutés par M. l'ingénieur Drogue, assisté de M. le conducteur Chorin-Dominel.

LIGNE DE PRADES À OLETTE (PYRÉNÉES-ORIENTALES).

Pont-viaduc de Villefranche-de-Conflent, sur la Tet (1889-1891). — Pont en maçonnerie de 85 m. 30 de longueur totale, de 4 m. 50 de largeur entre les têtes,

composé d'une grande arche de 39 m. 35 d'ouverture, avec tympans et culées évidées de chaque côté par 5 voûtes en plein cintre, dont 4 de 5 mètres et une (sur le rein

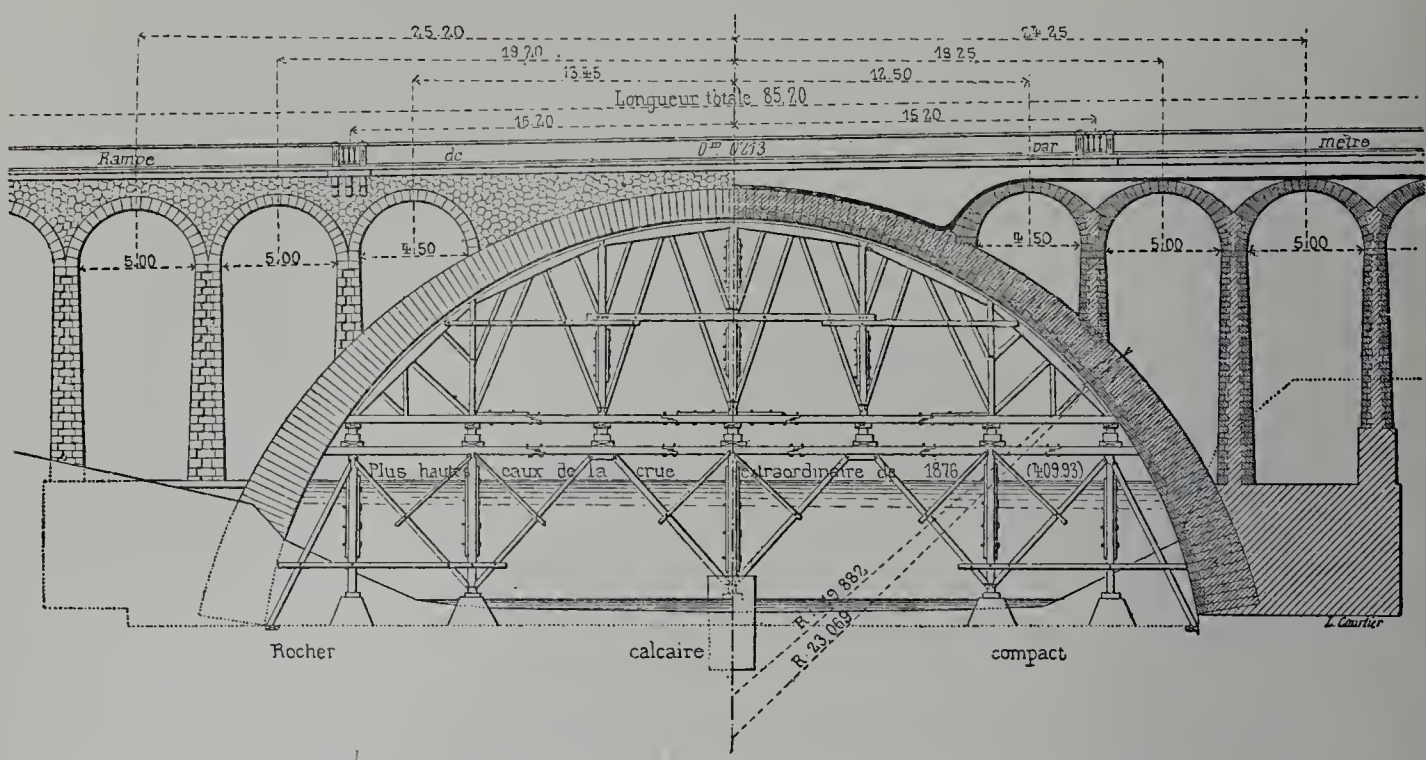


Fig. 44. — Demi-élévation et demi-coupe du viaduc de Villefranche-de-Conflent.

de la voûte) de 4 m. 50. Dépense totale : 73,477 francs; dépense par mètre carré d'élévation : 57 fr. 40.

L'exécution de cet ouvrage revient à M. le sous-ingénieur Gay.

PONT SUR LE BEUVRON, SUR LA LIGNE DE SAINT-AIGNAN À BLOIS.

Application d'un assemblage flexible pour charpente métallique rivée (1899). — Le pont sur le Beuvron, à voie unique, consistant en une travée de 42 mètres de portée, formée de deux poutres en N (genre Pratt), à 8 panneaux carrés, est pourvu de simples lames de tôle pour l'assemblage, tant des pièces de pont avec les poutres principales que des montants et des diagonales de ces poutres avec les semelles hautes et basses.

La longueur de ces parties flexibles est réglée à 15 fois l'épaisseur de la lame de tôle qui les compose.

Les appareils de mesure ont montré que les ponts ordinaires à assemblages rigides supportent des efforts atteignant deux fois et demie à trois fois les valeurs calculées. Au pont sur le Beuvron, grâce à l'emploi de l'assemblage flexible, les efforts, mesurés pendant les épreuves, n'ont dépassé, tout au plus, que de un quart les résultats donnés

par le calcul. Pour un même effort calculé, la fatigue réelle est donc, avec ce système d'assemblages, à peu près la moitié de celle qui se produit dans les ponts ordinaires.

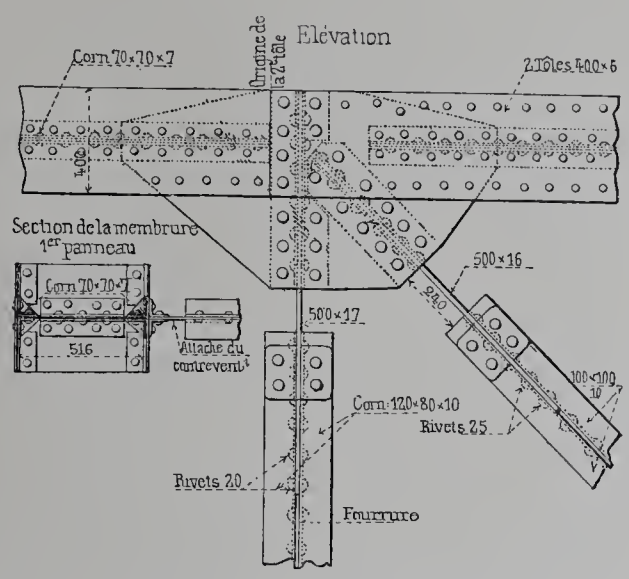


Fig. 45. — Pont sur le Beuvron.
Assemblage de la membrure supérieure avec un montant et une diagonale.

L'assemblage flexible, employé dans cet ouvrage, est dû à M. l'ingénieur Mesnager.

V. ADMINISTRATION CENTRALE.

I. Direction des routes et de la navigation.
Division de la navigation.

Statistique de la navigation intérieure. — Les publications du service, relatives à la statistique de la navigation intérieure, sont périodiques, mais paraissent à des intervalles variables. Elles sont au nombre de quatre :

1° *Guide officiel de la navigation intérieure,* donnant les actes réglementaires relatifs à la navigation, la nomenclature des voies navigables, des notices descriptives avec tableaux de distances et itinéraires des parcours les plus usités. Le volume est accompagné d'une carte itinéraire à l'échelle de 1/1.500.000. Il a paru 5 éditions depuis 1887; on prépare la sixième. Actuellement, le développement total du réseau classé est de 16,687 kilomètres, sur lesquels 12,135 kilomètres sont utilisés par le commerce. La longueur des canaux est de 4,851 kilomètres; celle des rivières navigables, de 6,618 kilomètres, et celle des rivières flottables, de 666 kilomètres. La longueur des rivières et canaux, offrant en tout temps un mouillage d'au moins 2 mètres, des écluses d'au moins 38 m. 50 de longueur utile et un tirant d'air minimum de 3 m. 70 sous les

ponts, atteint 4,715 kilomètres. Elle était seulement de 1,459 kilomètres avant 1879.

2° *Dépenses de premier établissement et d'entretien concernant les fleuves, rivières et canaux. Documents historiques et statistiques.* — Cette publication est quinquennale; le dernier volume a paru en 1897. Elle contient, entre autres documents, une série de tableaux donnant les dépenses faites depuis 1814 jusqu'au 31 décembre de l'année qui précède la publication. Le total de ces dépenses, arrêté au 31 décembre 1896, s'élève, pour les grands travaux neufs, à 1,490,686,865 francs, se répartissant comme il suit, par période politique.

	DÉPENSES.	MOYENNE ANNUELLE.
	francs.	francs.
Restauration	149,179,329	9,000,000
Règne de Louis-Philippe	341,246,125	20,000,000
Seconde République	37,792,039	9,000,000
Second Empire	238,791,789	12,000,000
Troisième République	723,677,583	27,000,000
TOTAL	1,490,686,865	18,000,000

Les dépenses annuelles d'entretien et de grosses réparations, non compris les frais de personnel, ont varié de 9,75 millions à 11,50 millions entre 1848 et 1896.

3° *Recensement de la batellerie* (publication quinquennale). — En 1896, il a été recensé 15,793 bateaux ordinaires français et étrangers, jaugeant ensemble 3,442,250 tonnes métriques et 651 bateaux à vapeur, d'une capacité totale de 29,330 tonnes, munis de machines représentant une force de 69,532 chevaux-vapeur.

4° *Recensement général du tonnage des marchandises transportées sur les fleuves, rivières et canaux* (publication annuelle). — Le poids total des marchandises embarquées sur les rivières et canaux, a passé de 19,740,000 tonnes en 1879 à 32,526,000 tonnes en 1898. Le tonnage kilométrique s'est élevé, pendant la même période, de 2,174 millions à 4,577 millions de tonnes kilométriques, et le parcours moyen est monté de 110 à 141 kilomètres.

En même temps que ces quatre publications, la division de la navigation a exposé quatre séries de diagrammes qui représentent les principaux résultats accusés par les statistiques.

M. le chef de division BEAURIN-GRESSIER et M. le sous-chef GODEBSKI sont les auteurs principaux de ces statistiques.

II. DIRECTION DES CHEMINS DE FER.

I. **Documents statistiques sur les chemins de fer français au 31 décembre de chacune des années 1889 à 1898.** — Pour chaque année, les documents occupent trois volumes, savoir :

1° Documents principaux;

2° Documents divers, 1re partie : France, intérêt général.

3° Documents divers, 2e partie : France, intérêt local et tramways; Algérie et Tunisie.

Le premier volume — Documents principaux — contient les renseignements les plus importants, ceux qui sont relatifs, notamment pour les lignes d'intérêt général, à la situation d'ensemble et détaillée du réseau, aux conditions principales des concessions, au capital réalisé par les compagnies, à la garantie d'intérêt, aux dépenses d'établissement et aux résultats généraux de l'exploitation, à l'effectif du matériel roulant. Les renseignements analogues sont donnés pour les chemins de fer d'intérêt local, les tramways et les lignes algériennes. Le volume est complété par deux cartes à 1/3.000.000, l'une pour les chemins de fer de la France, l'autre pour ceux de l'Algérie et de la Tunisie.

Le second volume, consacré plus spécialement aux chemins de fer de la métropole, contient un grand nombre de renseignements spéciaux tels que : situation successive et détaillée du réseau; relevé, par département, des longueurs de chemins de fer, et comparaison de ces longueurs avec la superficie et la population...; effectif détaillé du personnel et du matériel roulant...; recettes et dépenses de l'exploitation...; mouvement des voyageurs et des marchandises dans les gares de Paris...; mouvement et recettes des colis postaux; situation des caisses de retraite et de secours des agents; statistique des accidents.

Le troisième volume fournit des renseignements analogues pour les chemins de fer d'intérêt local, les tramways et les lignes algériennes et tunisiennes.

II. **Cartes et diagrammes relatifs aux chemins de fer français.** — 2 cartes et 12 diagrammes représentent graphiquement les principaux résultats accusés par la statistique.

III. **Série d'aquarelles figurant les moyens de transport pour voyageurs depuis la Renaissance jusqu'à nos jours.** — Ces aquarelles, au nombre de 71, ont été faites, à de rares exceptions près, à l'aide de documents (tableaux, dessins, gravures, lithographies) contemporains de chaque époque.

IV. **Cartes et cartogrammes relatifs aux transports publics depuis la fin du XVIIe siècle jusqu'à nos jours.** — Trois cartes ont pour objet les routes de poste et les moyens de transport sur ces routes; deux cartogrammes représentent l'accroissement de vitesse des transports et la variation du prix des voyages.

Les aquarelles ont été exécutées par M. Martin, dessinateur; les cartes, cartogrammes et diagrammes, par M. Bienner, rédacteur.

IMPRIMERIE NATIONALE

VI. ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET SERVICES ANNEXES.

I. École nationale des ponts et chaussées.

Cette école, créée par Perronet, remonte à 1747. Réorganisée et réglementée à diverses époques (1791, 1795, 1804, 1851, 1890, 1899) par des lois ou des décrets, elle comprend des élèves ingénieurs provenant exclusivement de l'École polytechnique, et, à partir de 1851, des élèves externes, français et étrangers; elle admet aussi des auditeurs libres. On y a adjoint des cours préparatoires.

L'enseignement des cours spéciaux donné aux élèves ingénieurs et aux élèves externes comprend les cours suivants répartis entre trois années :

1re année. — Mécanique appliquée (résistance des matériaux et hydraulique). — Géologie. — Matériaux de construction. — Procédés généraux de construction. — Routes. — Architecture (constructions civiles).

2e année. — Ponts. — Navigation intérieure. — Navigation maritime. — Chemins de fer. — Machines à vapeur et moteurs thermiques. — Architecture (histoire). — Droit administratif (1re partie).

3e année. — Hydraulique agricole et urbaine. — Électricité appliquée. — Droit administratif (2e partie). — Économie politique et finances. — Économie sociale. — Fortifications (cours particulier aux élèves ingénieurs).

Cet enseignement qui comporte, pour chaque matière, la rédaction d'un projet de concours, est complété par des leçons d'allemand et d'anglais et par des exercices pratiques et des conférences portant sur divers objets. A la fin de chaque année les élèves passent des examens sur les cours suivis pendant l'année. Cours, projets et examens occupent sept mois, de novembre à juin. Pendant les cinq mois d'été et d'automne les élèves sont envoyés en mission dans les départements pour s'y former à la pratique sous la direction des ingénieurs chargés des services locaux.

L'enseignement des cours préparatoires dure une année et comprend : le calcul différentiel, le calcul intégral, la mécanique, la géométrie descriptive, la stéréotomie, les éléments d'architecture, la physique, la chimie, le dessin linéaire et le lavis.

Le nombre des élèves actuellement présents à l'école est de 121, à savoir : 34 élèves ingénieurs, 66 élèves externes, 21 élèves des cours préparatoires.

L'école est dirigée et administrée, sous l'autorité du Ministre, par un inspecteur général de 1re classe, directeur, et par un ingénieur ou inspecteur général de 2e classe, chargé plus particulièrement de l'instruction avec le titre d'inspecteur. Deux conseils, le conseil de l'école et le conseil de perfectionnement, présidés par le Ministre des travaux publics et, à son défaut, par le directeur de l'école, donnent leur avis sur les questions intéressant l'enseignement et la discipline.

L'école a exposé les documents administratifs relatifs à sa constitution, ses programmes et ceux des cours, au nombre de seize, publiés par ses professeurs depuis 1889.

II. Services annexes rattachés à l'École des ponts et chaussées.

A côté d'une mission d'enseignement qui est sa destination essentielle, l'École des ponts et chaussées a encore pour attribution de venir en aide aux ingénieurs et même au public en tout ce qui concerne sa compétence. De là un certain nombre de services annexes.

Bibliothèque. — 75,000 volumes; catalogue réimprimé en 1894.

Galerie des modèles. — Aux collections destinées plus spécialement à l'enseignement (géologie, minéralogie, matériaux, outils, levés de plans, nivellement, électricité appliquée, physique, chimie) s'ajoutent plus de 500 modèles et dessins représentant les ouvrages d'art les plus remarquables, dont un grand nombre, très soigneusement exécutés, sont d'un grand prix et d'un haut intérêt tant historique que technique.

Bureau des dessinateurs, chargé de la confection des dessins d'amphithéâtre et de ceux des cours lithographiés; chargé en outre de préparer diverses publications, les unes périodiques : *Portefeuille de l'école, Atlas des voies navigables, Album de statistique graphique;* les autres non périodiques, qui ont consisté, depuis 1889, dans : La *Carte de la France au deux cent millième* et dans l'*Atlas des ports maritimes de la France et de l'Algérie.*

Atelier de photographie. — Cet atelier, créé en 1870, a pris une extension considérable. Il satisfait aux besoins non plus seulement de l'école, mais des services extérieurs.

Annales des ponts et chaussées, composées d'une partie technique, en quatre volumes trimestriels, avec comptes rendus des périodiques français et étrangers, et d'une partie administrative en 12 fascicules mensuels.

Laboratoire d'essais physiques-mécaniques, chargé des essais demandés ou recommandés par les ingénieurs des ponts et chaussées, destiné aussi à fournir à ces ingénieurs des moyens d'étude et d'expériences.

Laboratoire de chimie, destiné à l'instruction des élèves et surtout aux analyses demandées par les ingénieurs.

Dépôt des instruments de précision et des machines, chargé de la commande, de la réception et de la réparation des instruments, appareils ou machines accordés aux ingénieurs sur leur demande.

Les collaborateurs principaux du Ministère dans les divers services annexes de l'école sont, outre le directeur, l'inspecteur et les professeurs, MM. Maujay, secrétaire; Cordier, bibliothécaire; Courjon, chef de l'atelier de photographie; Huguenin, chargé, depuis l'origine, de la préparation de l'atlas des ports maritimes; Klein et Mercier, chef et chef adjoint du laboratoire d'essais; et MM. les ingénieurs Humbert, Desprez et Blondel, qui donnent leur concours à l'inspecteur de l'école pour la rédaction des comptes rendus de périodiques insérés dans les *Annales des ponts et chaussées*.

III. Association des Ingénieurs des constructions civiles, anciens élèves externes de l'École des ponts et chaussées.

Cette association, qui a son siège à Paris et dont les membres, appartenant aux nations les plus diverses, sont dispersés dans toutes les parties du monde, a désiré rattacher, comme en 1889, l'exposition des travaux faits par ses adhérents à celle de l'École des ponts et chaussées. 31 anciens élèves externes, français ou étrangers, ont pris part à cette exposition, dans laquelle le Jury a plus particulièrement remarqué les objets suivants :

Pontzen, président de l'association. — *Traité de terrassements, tunnels... et dragages*, en 1 volume.

Vignes. — *Travaux de reconstruction de la gare Paris-Montparnasse.*

Modjeski. — *Documents sur le pont de Rock-Island sur le Mississipi.*

Chaumelin. — *Plans et cartes concernant le canal de Suez.*

De Freund. — *Documents relatifs à l'établissement de chantiers de travaux publics.*

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR.

La voirie vicinale, ou petite voirie, a été organisée, sous la dépendance du Ministère de l'intérieur, par la loi du 21 mai 1836, qui a créé, dans chaque département, un service d'agents voyers placés sous l'autorité du préfet. Les chemins de la voirie vicinale se répartissent aujourd'hui en trois catégories : chemins de grande communication; chemins d'intérêt commun; chemins vicinaux ordinaires. La loi du 10 août 1871 ayant donné aux conseils généraux le pouvoir de classer et de déclasser les routes départementales, un assez grand nombre de départements ont fait rentrer ces routes dans la catégorie des chemins de grande communication.

Le réseau vicinal a pris, depuis 1836, une très grande extension. Le tableau ci-après, donnant, pour chaque catégorie de chemins, la longueur existant à l'état de

viabilité et d'entretien aux premiers janvier 1866, 1876 et 1900, montre que cette longueur a plus que doublé de 1866 à 1900.

DÉSIGNATION DES CATÉGORIES.	LONGUEURS À L'ÉTAT DE VIABILITÉ. 1866.	1876.	1900.
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.
Chemins de grande communication.....	73,280	93,057	160,113
Chemins d'intérêt commun.....	51,318	64,614	71,242
Chemins vicinaux ordinaires.....	122,037	218,378	272,785
TOTAUX.....	246,635	376,049	504,140

Les dépenses d'entretien annuelles de ce vaste réseau sont d'environ 140 millions, à raison de 400 francs par kilomètre pour les chemins de grande communication, 300 francs pour les chemins d'intérêt commun et 200 francs pour les chemins vicinaux ordinaires. Les dépenses moyennes de construction sont respectivement estimées à 20,000 francs, 12,000 francs et 8,000 francs pour chacune des trois catégories de chemins.

L'établissement du réseau vicinal a donné lieu à la construction d'une multitude d'ouvrages d'art et notamment d'un très grand nombre de ponts, dont les plus importants, parmi ceux exécutés depuis 1889, constituent la part la plus considérable et la plus intéressante de l'exposition du Ministère de l'intérieur.

Les ouvrages les plus remarqués par le Jury se classent ainsi par départements, avec les noms des principaux collaborateurs du Ministère.

Allier. — *Pont de Gannay,* sur la Loire, 9 arches en maçonnerie, de 27 m. 80. — MM. DOËRR, ingénieur en chef des ponts et chaussées, agent voyer en chef; LEMOINE, ingénieur des ponts et chaussées, agent voyer d'arrondissement; BELLIARD, RICHARD et VARIGARD, entrepreneurs.

Alpes-Maritimes. — *Pont de Pagari,* sur la Vésubie, une arche de 35 mètres, à culées perdues, avec tympans évidés par 6 petites arches.

Ardennes. — *Ponts* nombreux, parfois difficiles à fonder, sur la *Meuse,* l'*Aisne,* la *Bar,* la *Chiers,* la *Semoy,* etc.

Basses-Pyrénées. — *Pont d'Auterive,* à cinq travées métalliques, dont quatre solidaires deux à deux, de 45 m. 50 chacune. — M. VILLEMEUR, agent voyer d'arrondissement.

Côte-d'Or. — *Pont de Charrey,* sur la Saône, à 5 arches en maçonnerie de 30 mètres. — M. MOCQUERY, ingénieur en chef des ponts et chaussées, agent voyer en chef.

Dordogne. — Quatre grands ponts sur la Dordogne, dont deux en maçonnerie (*pont de Limeuil,* à 6 arches de 24 mètres, et *pont de Vic,* à 5 arches de 26 mètres), et deux métalliques (*pont de Gardonne,* à 6 travées solidaires de 34 m. 65 et *pont du*

Garrit, à 3 travées solidaires, dont une centrale de 67 m. 50 et deux extrêmes de 54 mètres). — MM. Fellonneau, agent voyer en chef; Dupuy, agent voyer principal; Parcellier, Drouilh et Leymarie, agents voyers d'arrondissement.

Gard. — *Pont* suspendu *d'Aramon,* à travée centrale de 274 mètres.

Haute-Garonne. — *Pont de Maurain,* en maçonnerie, sur la Garonne, 5 arches de 21 mètres, fondations difficiles. — *Pont de Marquefave* sur la Garonne, 3 travées métalliques solidaires, dont une centrale de 48 m. 50 et deux de rive de 38 m. 76. — M. de Magdelain, agent voyer en chef.

Landes. — *Pont de Saint-Vincent-de-Paul,* sur l'Adour, 5 arches en maçonnerie de 24 mètres. — M. Gellibert, agent voyer d'arrondissement.

Loire. — *Pont de Rivas,* à trois travées métalliques dont une de 56 mètres.

Pyrénées-Orientales. — *Pont de Brouilla,* sur le Tech, 5 travées métalliques de 34 mètres. — M. Hugonnet, agent voyer en chef.

Rhône. — *Pont* suspendu *de Vernaison,* sur le Rhône, à travée de 235 mètres.

Saône-et-Loire. — *Pont Boucicaut,* sur la Saône, à 5 arches en maçonnerie de 40 mètres. — *Pont de Verdun,* sur le Doubs, à 3 arches en maçonnerie, dont une centrale de 41 mètres et deux latérales de 38 m. 50. — *Pont d'Iguerande,* sur la Loire, à 7 arches en maçonnerie de 28 m. 60. — MM. Tourtay, ingénieur en chef des ponts et chaussées, agent voyer en chef; Labbaye et Lesierre, ingénieurs des ponts et chaussées, agents voyers d'arrondissement.

Seine-et-Oise. — *Pont de Juvisy,* sur la Seine, à trois travées métalliques dont une centrale de 51 mètres. — M. Michaux, agent voyer en chef.

Seine-et-Marne. — *Pont de Champagne,* sur la Seine, à trois travées métalliques solidaires, dont une centrale de 44 m. 57 et deux de rive de 35 m. 96. — M. Heude, ingénieur en chef des ponts et chaussées, agent voyer en chef.

Nous décrirons brièvement, à raison de leur importance, les *ponts* en maçonnerie de *Verdun,* de *Charrey,* de *Gannay,* d'*Iguerande* et de *Vic,* en renvoyant pour la description du *pont Boucicaut,* au compte rendu du Ministère des travaux publics. Parmi les ponts métalliques, nous nous bornerons à décrire les *ponts du Garrit* et de *Juvisy.*

Pont de Verdun, sur le Doubs (1895-1897). — Les trois arches sont elliptiques et mesurent : celle du milieu, 41 mètres d'ouverture et 9 m. 17 de flèche, avec 1 m. 20 d'épaisseur à la clef; et chacune de celles de rive, 38 m. 50 d'ouverture et 8 m. 52 de flèche, avec 1 m. 20 d'épaisseur à la clef. Les tympans sont évidés par 5 petites arches de 2 m. 32. Les piles ont 4 mètres d'épaisseur aux naissances : la largeur entre les

têtes est de 6 mètres. Les piles et les voûtes sont parementées en moellons, les tympans en briques et les garde-corps en briques de deux couleurs. La dépense s'est élevée à 205,638 francs, soit, fondations comprises; par mètre superficiel : en plan, à 222 fr. 85, et, en élévation, à 96 fr. 14.

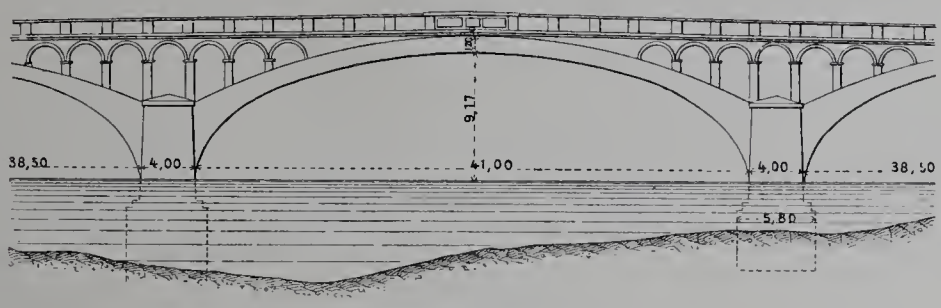


Fig. 46. — Pont de Verdun, sur le Doubs.

Pont de Charrey, sur la Saône (1888-1890). — Les cinq arches sont en arc de cercle avec 30 mètres de corde et 3 m. 75 de flèche; mais l'ouverture libre atteint, au-dessous du bandeau des piles, 30 m. 50 dans les arches intermédiaires et 30 m. 25 dans les arches de rive, parce que les arcs de cercle des voûtes, au lieu de retomber sur leurs appuis au droit du parement des piles, en arrière de la saillie du bandeau, retombent sur l'arête extérieure de ce bandeau, dont la saillie (0 m. 25) est ainsi mise à profit pour augmenter le débouché. L'épaisseur des voûtes est de 1 m. 20 à la clef, et celle des piles de 3 mètres sous le bandeau. Les avant et les arrière-becs présentent, en plan, la forme d'ogives persanes caractérisée par deux arcs à court rayon, continués par deux arcs à très grand rayon se coupant au sommet de l'ogive. Les dispositions originales réalisées dans la retombée des voûtes et dans la forme des avant et arrière-becs trouvent un précédent, d'ailleurs isolé, dans un pont de la fin du XVIIIe siècle, le *pont d'Homps*, sur l'Aude, construit de 1781 à 1788.

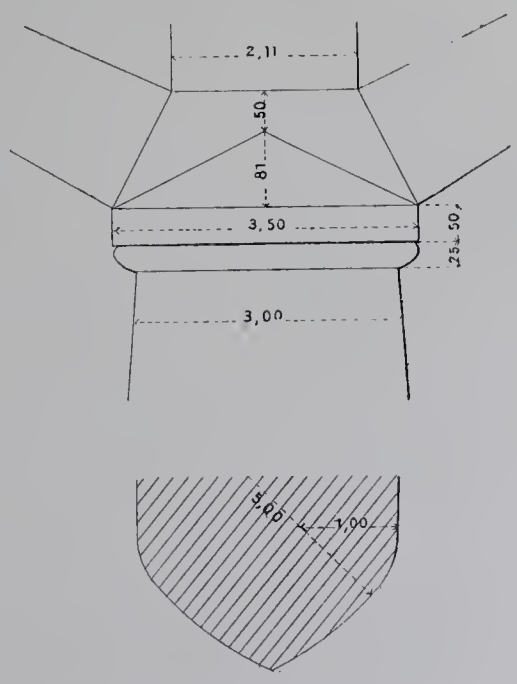


Fig. 47. — Pont de Charrey, sur la Saône. Détails d'une pile.

Les fondations du *pont de Charrey* ont été faites sur caissons à l'air comprimé. La dépense s'est élevée, pour le pont seul, à 274,212 francs, soit, fondations comprises, à 94 fr. 55 par mètre carré en élévation, chiffre notablement inférieur à celui qu'eût amené l'exécution d'un pont métallique, étudiée d'abord.

Pont de Gannay, sur la Loire (1894-1897), composé de 9 arches en arc de cercle de 27 m. 80 d'ouverture et de 4 m. 44 de flèche. La courbe d'intrados est formée de 3 arcs de cercle de 28 et de 20 mètres de rayon. Les voûtes sont épaisses de 1 m. 15

à la clef, et les piles de 3 m. 25 au plan des naissances. La largeur entre les têtes est de 5 m. 80. Les fondations, faites à l'air comprimé, ont été descendues de 8 m. 50 à 14 m. 20 au-dessous de l'étiage. La dépense totale s'est élevée à 661,115 francs, soit à 1,930 francs par mètre courant et, par mètre superficiel : en plan, à 327 francs, et, en élévation, à 96 francs, fondations comprises.

Pont d'Iguerande, sur la Loire (1898-1900), composé de 7 arches en arc de cercle de 28 m. 60 d'ouverture et de 3 m. 75 de flèche avec courbe d'intrados formé par 3 arcs de cercle, pour se rapprocher d'une chaînette. L'épaisseur des voûtes est de 0 m. 90 à la clef, et celle des piles de 3 mètres au plan des naissances. La largeur entre garde-corps est de 5 m. 80. Les piles ont été fondées à sec, à l'air comprimé, dans des caissons amovibles. La dépense pour le pont tout seul s'est élevée à 248,000 francs, soit à 182 francs par mètre carré en plan, entre garde-corps.

Pont de Vic, sur la Dordogne (1891-1892), composé de 5 arches elliptiques de 26 mètres d'ouverture, avec montée variant de 8 m. 50, dans les arches de rive, à 8 m. 90 dans l'arche centrale. L'épaisseur des voûtes est de 1 mètre à la clef, et celle des piles de 3 mètres au plan des naissances. La largeur entre les têtes est de 4 mètres.

Les piles ont été fondées, à 4 mètres sous l'étiage, dans des caissons en charpente, à simple paroi bien calfeutrée, dont la jonction avec le rocher était rendue étanche par un corroi d'argile, posé au scaphandre. Les dépenses se sont élevées, abords non compris, à 124,000 francs; soit, par mètre superficiel : en plan, à 175 francs, en élévation, à 63 francs.

Pont du Garrit, sur la Dordogne (1892-1894), composé de trois travées métalliques solidaires, de 67 m. 50 de portée pour la travée centrale et de 54 mètres pour les travées de rive. Les poutres de tête sont à treillis à grandes mailles, avec 5 m. 83 de hauteur et 3 m. 80 d'espacement d'axe en axe. Les piles en maçonnerie mesurent, au sommet, 2 m. 80 d'épaisseur. Le poids du métal est de 1,555 kilogrammes par mètre courant de tablier. La dépense pour le pont tout seul monte à 142,293 francs, soit à 777 francs par mètre linéaire.

Pont de Juvisy, sur la Seine (1893-1894), composé de 3 travées de 54 mètres, franchies par un tablier métallique continu, à poutres de tête triangulées par montants et croix de Saint-André, espacées de 7 m. 50 d'axe en axe et hautes de 4 m. 08. Les pièces de pont, en forme de solides d'égale résistance, sont espacées de 1 m. 93. Le poids de la superstructure métallique est de 400 tonnes.

DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

Les services de la grande et de la petite voirie du département de la Seine sont réunis entre les mains des ingénieurs du service ordinaire de ce département. Les travaux les plus remarquables exécutés depuis 1889 consistent dans la construction de deux

grands ponts et dans l'élargissement d'un troisième. Ces trois ouvrages sont à arcs métalliques. La partie décorative en a été particulièrement soignée, à raison de leur situation dans des lieux avoisinant Paris et très fréquentés par le public. A cet effet, des artistes, architectes et sculpteurs, ont prêté leur concours aux ingénieurs.

Ponts de Puteaux, sur la Seine (1893-1895). — Ces ponts, qui se font suite sur deux bras du fleuve, sont établis entre les ponts de Neuilly et de Suresnes pour relier directement Puteaux avec Neuilly. Ils se composent d'arcs en acier, appuyés sur des culées et des piles en maçonnerie, fondées sur pilotis. Chaque pont comprend deux arches, mesurant : sur le grand bras, 42 et 50 mètres d'ouverture; et, sur le petit bras, 45 et 37 mètres. La largeur du tablier est de 8 m. 50; la dépense monte à 881,888 francs.

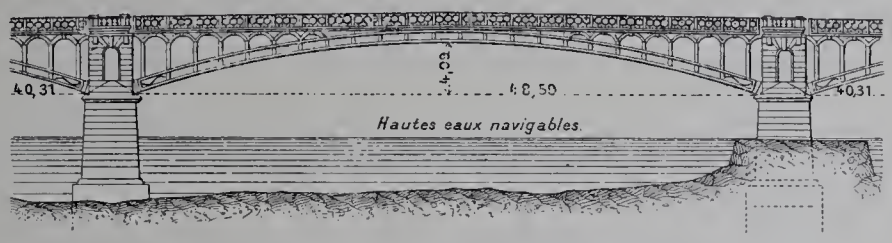


Fig. 48. — Pont de Nogent-sur-Marne.

Pont sur la Marne, entre Nogent et Champigny (1896-1899), composé de trois travées, franchies par des arcs en fonte, au nombre de cinq par travée, appuyées sur des piles et des culées en pierre de taille. Les arcs de la travée centrale mesurent 48 m. 60 d'ouverture et 4 m. 08 de flèche; les arcs de rive ont 40 m. 30 d'ouverture et 3 m. 36 de flèche. Les montants en fonte des tympans sont articulés sur les arcs. La largeur entre les garde-corps est de 9 mètres. Piles et culées ont été fondées à l'air comprimé, à 10 mètres au-dessous de la retenue de Joinville. Les arcs sont articulés aux naissances; mais, après le décintrement, on a réalisé leur demi-encastrement en intercalant des clavettes en acier entre leurs extrémités et les sommiers. La dépense pour le pont (non compris terrains et abords) monte à 764,253 francs, dont 388,999 francs pour les fondations et les maçonneries, et 375,254 francs pour l'ossature métallique.

Élargissement du pont de Suresnes, sur la Seine (1898-1900). — Le pont comprend trois travées : une centrale de 52 mètres et deux de rive de 42 mètres, franchies par des arcs en fonte. Sa largeur a été portée de 11 mètres à 17 m. 55 par un élargissement opéré du côté d'amont et exécuté sur pilotis, pour les culées, sur caissons foncés à l'air comprimé, pour les piles. La dépense s'est élevée à 360,000 francs.

Les principaux collaborateurs du département de la Seine, pour l'exécution des travaux précités, ont été : M. l'ingénieur en chef Hétier, M. l'ingénieur Colmet-Daage et M. le conducteur Boursier.

CHAMBRES DE COMMERCE MARITIMES.

Souvent, en France, les dépenses qu'entraîne l'amélioration des ports de commerce sont en partie supportées par les intéressés : villes, départements, chambres de commerce, compagnies de chemins de fer, dont les subsides viennent s'ajouter à ceux de l'État. Cette part contributive des intéressés a beaucoup augmenté depuis quelques années. Précédemment, elle ne dépassait pas le tiers de la dépense totale. Maintenant, elle atteint souvent la moitié et quelquefois les deux tiers de cette dépense. Les Chambres de commerce surtout ont vu, depuis 1896, grandir l'importance de leur rôle et de leur participation financière. Celle-ci s'exerce sous trois formes différentes :

1° Sous la forme d'avances faites à l'État, pour l'exécution d'ouvrages essentiels, tels que jetées, bassins, écluses, quais, etc., dont la construction et l'entretien reviennent à l'État ;

2° Sous la forme de subventions allouées à l'État pour l'exécution à frais communs de ces mêmes ouvrages;

3° Sous la forme de dépenses faites directement par les chambres de commerce pour établir et exploiter la partie de l'outillage qui comprend les engins de manutention et les hangars, auxquels viennent s'ajouter parfois des appareils de radoub, des remorqueurs, des magasins publics, des voies ferrées, des gares maritimes.

Dans le premier cas, la Chambre de commerce est remboursée de ses avances par l'État, au moyen d'annuités ne portant pas intérêt.

Dans les deux autres cas, elle se couvre de ses frais au moyen de taxes locales portant sur la jauge des navires qui fréquentent le port, sur les marchandises et sur les passagers embarqués et débarqués. Ces taxes, soumises à l'approbation de l'État, doivent strictement couvrir les dépenses auxquelles elles s'appliquent, sans donner lieu à aucun bénéfice.

Les chambres de commerce de dix-sept des principaux ports maritimes de la France ont fait, dans un pavillon spécial construit sur la rive droite de la Seine, un peu en amont du pont d'Iéna, une remarquable exposition collective, composée de modèles, dessins, diagrammes et notices. Elles ont ainsi mis en lumière le concours très important donné par elles à l'agrandissement et à l'amélioration des ports, ainsi qu'à la création et au perfectionnement de l'outillage. On s'attachera, dans les courtes notices consacrées aux ports en question, à signaler ces concours et les progrès qu'ils ont amenés.

L'exposition collective des chambres de commerce a été organisée par un comité, dont les principaux collaborateurs ont été : MM. de Lachanal, ingénieur, directeur des Services techniques de la Chambre de commerce du Havre, secrétaire du Comité de l'Exposition; Collet, ingénieur de la Chambre de commerce de Dunkerque; Ravin, directeur de l'outillage, et Néel, secrétaire-rédacteur de la Chambre de commerce de

Calais; Brasseur, secrétaire-rédacteur, et Declerck, chef des Services techniques de la Chambre de commerce de Boulogne; Batté, secrétaire-archiviste de la Chambre de commerce d'Honfleur : Allain-Guillaume, armateur, pour la Chambre de commerce de Caen; Balguerie et Haillecourt, chef et sous-chef du secrétariat de la Chambre de commerce de Bordeaux; Maurin, chef du secrétariat de la Chambre de commerce de Cette, et Sébille, artiste-peintre, pour la Chambre de commerce de Marseille.

Port de Dunkerque. — En 1848, le trafic du port de Dunkerque était seulement de 178,950 tonnes, et la longueur de quais, utilisable autour des bassins, de 700 mètres. Trente ans plus tard, en 1878, le trafic montait à 1,180,104 tonnes, pour le mouvement desquels on disposait seulement, dans les bassins, d'une surface d'eau de 12 hectares et d'une longueur de quais de 1,670 mètres. On se trouvait très à l'étroit, et le trafic augmentait rapidement. C'est alors que, grâce à l'intervention de M. de Freycinet et aux efforts persévérants de M. Trystram, président de la Chambre de commerce et député de Dunkerque, fut adopté le vaste projet d'agrandissement du port, qui vient de recevoir son achèvement. La loi du 31 juillet 1879 autorisa une dépense de 50 millions pour la construction des nouveaux bassins et des divers ouvrages : écluses, bassins de radoub, etc., qui s'y rattachent.

Le concours financier apporté par la Chambre de commerce à l'exécution de ce projet a consisté dans une avance de 31 millions (1884) faite, solidairement avec la ville, pour hâter l'achèvement des travaux, et dans un subside de 4 millions et demi (1888) fourni pour l'élargissement du chenal par la reconstruction de la jetée de l'Est. La Chambre de commerce a contracté en outre deux emprunts, l'un de 1,800,000 francs (1888), l'autre de 450,000 francs (1893), pour créer ou améliorer l'outillage du port. Celui-ci consiste dans trois remorqueurs, un gril de carénage, un slip-way, huit hangars couvrant 2 hectares et demi, les deux grands entrepôts des sucres et des laines, ayant coûté ensemble 2,400,000 francs, deux grues flottantes à vapeur de 40 et de 10 tonnes, 25 grues roulantes sur portique ou sur pylône, mues par l'eau sous pression, de 3 tonnes à 1,5 tonne, sans préjudice des quelque cinquante grues à vapeur, flottantes ou roulantes, de 5 tonnes à 0,75 tonne, des treuils à vapeur, des hangars et magasins, des remorqueurs.... mis à la disposition du commerce par l'industrie privée.

En 1888, le trafic atteignait 2,020,848 tonnes, et le développement des quais utilisables autour des bassins était de 3,620 mètres. Bientôt après, l'achèvement des bassins Freycinet, mesurant 31 hectares de superficie, portait à 43 hectares la surface totale des bassins. En 1898, le développement des quais atteint 7,300 mètres et le trafic sans cesse croissant monte à 2,998,904 tonnes. Par son tonnage en marchandises, Dunkerque vient alors au troisième rang des ports français, après Marseille et le Havre.

Cette prospérité appelle de nouvelles extensions du port. De nouveaux bassins et de nouveaux ouvrages, exigeant le recul des fortifications qui enserrent la ville et aug-

mentant de douze kilomètres la longueur actuelle des quais, sont en projet et ne tarderont pas, sans doute, à venir à exécution.

Port de Calais. — Le port de Calais, principal port à voyageurs du littoral nord de la France, laissait beaucoup à désirer avant 1876, à raison de son exiguïté et de l'insuffisance du tirant d'eau. De grands travaux, entrepris en vertu des lois du 14 décembre 1875 et du 3 août 1881, ont amené la création, du côté de l'Est, d'un nouveau port, beaucoup plus vaste, juxtaposé à l'ancien, et composé, comme celui-ci, d'un avant-port et d'un bassin à flot, ce dernier accessible par une écluse double et pourvu d'une forme de radoub. La surface des bassins a passé de 2,65 hectares à 14,65 hectares. La longueur utilisable des quais est aujourd'hui, dans les bassins, de 2,475 mètres, et, dans les deux avant-ports, de 2,250 mètres, dont 800 avec mouillage minimum de 8 m. 75 pour le service des paquebots. On vient de terminer ces travaux par l'élargissement et l'approfondissement du chenal d'accès. Les dépenses faites depuis 1876 se sont élevées à un total de 48 millions. Le mouvement du port de Calais qui était, en 1875, de 215,000 tonnes et de 212,000 voyageurs, a passé, en 1888, à 267,291 tonnes et 247,974 voyageurs, pour arriver, en 1898, à 476,644 tonnes et à 275,168 voyageurs.

La participation de la Chambre de commerce à l'agrandissement et à l'amélioration du port consiste dans un emprunt de 2,200,000 francs (1883), dans une avance de 4 millions (1888), et dans la fourniture et l'exploitation de l'outillage de manutention du port, constitué par 4 hangars ou magasins couvrant 3,2 hectares; 4 remorqueurs, 13 grues hydrauliques, dont une de 40 tonnes, deux de 5 tonnes et dix de 1,5 tonne, roulantes sur rails; 6 treuils hydrauliques; 2 transporteurs Temperley à moteurs hydrauliques; 4 grues à bras, dont deux de 10 tonnes.

Port de Boulogne. — Ce port qui réunit tous les emplois, port d'escale, port de commerce, port à voyageurs très important, port de pêche très actif, se compose de deux parties : 1° un port extérieur en eau profonde, de 50 hectares de superficie, dont 13 hectares avec mouillage d'au moins 8 mètres aux plus basses mers, créé, de 1879 à 1893, moyennant une dépense de 18,360,000 francs, par la construction de la digue Carnot, longue de 2,419 mètres; 2° un port intérieur avec chenal, avant-port, port d'échouage, bassin de retenue et bassin à flot de 7,5 hectares, desservi par une écluse de 100 mètres sur 21 mètres. Des travaux montant à 15 millions et des dragages montant à 6 millions ont été exécutés pour améliorer et compléter ce port intérieur, pour en approfondir les accès et les différentes parties. On a substitué les dragages aux chasses pour l'entretien du tirant d'eau. Une puissante drague est employée à cet effet.

Le trafic, qui était en 1875 de 445,152 tonnes, s'est élevé, en 1888, à 526,394 tonnes et, en 1898, à 617,874 tonnes. Le mouvement des voyageurs a passé de 144,838 en 1878 à 119,919 en 1888 et à 209,698, dont 104,947 excursionnistes, en 1898. Le produit annuel de la pêche varie de 12 à 15 millions de francs.

La participation de la Chambre de commerce aux travaux exécutés depuis 1878, consiste dans un subside de 3,200,000 francs (1888) pour l'approfondissement et la reconstruction des quais du port de marée. L'outillage de manutention, créé et exploité par la Chambre de commerce, comporte deux entrepôts, un hangar, trois grues, dont une de 15 tonnes, une de 10 tonnes, une de 4,5 tonnes et deux grues électriques roulantes de 3,5 tonnes. Dix grues roulantes à vapeur, dont une de 20 tonnes, et trois grues à bras sont la propriété des compagnies de navigation.

Port de Dieppe. — Des travaux considérables, montant à 26 millions, ont été exécutés, depuis 1880, pour conserver à ce port, autrefois très actif, son ancienne prospérité, et, pour maintenir, de concert avec la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, un fort transit de voyageurs. A l'ancien port, comportant un avant-port et trois bassins d'une superficie totale de 7,6 hectares, desservis par une seule écluse, on a ajouté un bassin de mi-marée et un bassin à flot, de 5,4 hectares, avec forme de radoub, desservi par une écluse qui débouche dans un nouvel avant-port. Celui-ci est relié au chenal par une passe creusée à travers le faubourg du Pollet. On a, de plus, restauré ou reconstruit en partie les anciens ouvrages et approfondi le chenal ainsi que l'avant-port.

La Chambre de commerce a pris à l'exécution de ces travaux une part très importante, par des avances de fonds ou des subsides, montant ensemble à 11,600,000 francs (1884, 1885, 1893 et 1895). L'outillage de manutention, créé et exploité par elle, consiste en deux remorqueurs, sept ponts à bascule, pour le pesage des marchandises, une grue de 30 tonnes et dix-neuf grues à vapeur de 5 tonnes à 1,5 tonne.

Quatorze autres grues, des hangars et des magasins appartiennent à des compagnies particulières.

Le trafic du port a passé de 549,773 tonnes en 1877, à 597,703 tonnes en 1888, et à 502,031 tonnes en 1898. Le mouvement des voyageurs s'est élevé de 62,916, en 1877, à 75,513 en 1888, et à 167,433 en 1898.

Port de Fécamp. — Des travaux exécutés depuis 1880, moyennant une dépense d'environ 10 millions, consistant dans l'ouverture d'un nouvel avant-port, d'un bassin de mi-marée et d'un bassin à flot, dans l'élargissement et l'approfondissement du chenal et dans l'approfondissement de l'avant-port, ont beaucoup amélioré le port de Fécamp, dont le trafic a passé de 77,310 tonnes en 1880, à 86,466 tonnes en 1888, et à 109,357 tonnes en 1898.

La participation de la Chambre de commerce a consisté en subsides ou avances montant à 1,265,000 francs et en un emprunt récent de 62,667 francs, contracté pour accroître l'outillage. Celui-ci se compose d'un appareil à mâter, de 20 tonnes, de cinq grues roulantes à vapeur de 1,5 tonne et de deux grues à main.

Fécamp est un très important port de grande pêche. Le produit de la pêche, en 1898, représente 7,340,000 francs.

Port du Havre. — Le port actuel se compose d'un chenal, d'un avant-port de 22 hectares de superficie, de dix bassins à flot, ayant 76 hectares de superficie et 12 kilomètres de quais utilisables, disposés en éventail au fond de l'avant-port, et dont cinq communiquent directement par des écluses avec cet avant-port, de huit autres écluses, dont une de chasse, et de six formes de radoub.

Amené dans cet état par des travaux et par des dépenses considérables effectués de 1865 à 1895, le port se trouvait laisser encore beaucoup à désirer. Le mouvement des grands navires y est gêné par la disposition défectueuse de l'accès des principaux bassins et par l'insuffisance du mouillage pendant la plus grande partie de l'intervalle compris entre les étales de pleine mer. C'est pour remédier à ces défauts, devenus, à raison des progrès de la navigation, assez graves pour compromettre l'avenir du Havre, qu'ont été décidés, en 1895, les grands travaux d'agrandissement et d'amélioration du port, aujourd'hui en cours d'exécution, et dont il a été rendu compte sommairement dans la notice sur l'exposition du Ministère des travaux publics, au chapitre des Travaux maritimes.

Le trafic du port du Havre s'est élevé de 2,644,033 tonnes en 1880, à 3,044,222 tonnes en 1890, et à 3,592,926 tonnes en 1898.

La part prise par la Chambre de commerce au développement du port est très considérable. De 1865 à 1870, elle a concouru, par des subsides montant ensemble à 24,710,000 francs, à la construction du bassin de la Citadelle, à l'achèvement du bassin de l'Eure, à l'agrandissement de l'avant-port, etc. Elle contribue aux nouveaux travaux d'agrandissement par un subside qui s'élève déjà à 17,700,000 francs, y compris les dépassements admis ou prévus, dépassements que la loi du 19 mars 1895 met entièrement à sa charge.

Parmi les services assurés par la Chambre de commerce, sauvetage, signaux sémaphoriques, bureau de placement gratuit pour les marins, outillage, Bourse, École supérieure de commerce, le plus important, de beaucoup, est celui de l'outillage maritime, qui comprend vingt-cinq hangars d'une superficie de 9,5 hectares et cinquante-cinq engins de levage, roulants ou flottants, hydrauliques, électriques ou à vapeur, de puissances variables depuis 1,25 tonne jusqu'à 10 tonnes. Une bigue-trépied de 120 tonnes est en construction. Des compagnies ou des particuliers possèdent 48 hectares de hangars ou de magasins (étages compris), soixante-dix engins de manutention et deux mâtures à vapeur, de 70 et de 30 tonnes. Les hangars construits en dernier lieu, sur le quai de Saïgon, par la Chambre de commerce, sont remarquables par la simplicité de la structure et par l'extrême économie dans la dépense (27,3 kilogrammes de métal et 22 fr. 68 de dépense par mètre carré de surface couverte).

Port de Rouen. — Les grands travaux d'endiguement et de dragage exécutés sur la Seine maritime depuis 1848, travaux dont la dépense montera à 50 millions, quand on aura employé en nouveaux travaux de même nature les 15 millions alloués à cet effet par la loi du 19 mars 1895, ont abaissé, à 1 mètre au-dessous du zéro des

cartes marines, tous les seuils du parcours entre la mer et Rouen. Le port de Rouen peut recevoir aujourd'hui, en vive-eau moyenne, des navires calant 7 mètres d'eau. Aussi son trafic maritime, qui était de 1,026,084 tonnes en 1878, est-il monté à 1,721,710 tonnes en 1888 et à 2,270,384 tonnes en 1898. En 1843, avant les travaux d'amélioration de la Seine, ce trafic était seulement de 116,000 tonnes. A côté du trafic maritime, existe le trafic fluvial qui se chiffre par 666,574 tonnes en 1878, 1,156,555 tonnes en 1888 et 1,626,353 tonnes en 1898.

La longueur de quai utilisable sur les bords de la Seine et dans les deux bassins du port, pour le chargement et le déchargement des navires est d'environ 6,500 mètres.

La participation de la Chambre de commerce, tant aux travaux du port de Rouen, qu'à ceux de l'amélioration de la Seine et aux dépenses d'outillage, monte à 7,237,500 francs, non compris les dépassements, mis à la charge de cette Chambre de commerce, auxquels pourront donner lieu les travaux de la Seine. L'outillage du port, créé et exploité par la Chambre de commerce, comprend : un slip en travers, système Labat; quatre hangars couvrant ensemble 1,2 hectares; quarante-quatre grues, fixes ou roulantes, à bras ou à vapeur, de 1,5 tonne à 30 tonnes.

Ports de Honfleur et de Trouville. — Le *port de Honfleur* comprend un chenal d'accès ; un avant-port de 4,14 hectares, avec 800 mètres de quais accostables, quatre bassins à flot, d'une superficie totale de 10,80 hectares, avec 2,280 mètres de quais accostables et un bassin de retenue de 50 hectares, qui assure la navigabilité du chenal.

Le trafic du port a été de 226,200 tonnes en 1878, de 208,243 tonnes en 1888, et de 239,602 tonnes en 1898.

La Chambre de commerce a contracté, de 1887 à 1898, divers emprunts, montant ensemble à 960,000 francs, pour contribuer à l'exécution de différents travaux, et constituer l'outillage public du port, lequel comprend : un gril de carénage, un remorqueur et huit grues fixes, flottantes ou roulantes, à bras ou à vapeur.

Le *port de Trouville,* administré par la Chambre de commerce de Honfleur, comprend : un chenal d'accès, un avant-port ou port d'échouage de 5,4 hectares et un bassin à flot de 2,4 hectares, avec 743 mètres de quais.

Le trafic du port a été de 61,800 tonnes en 1878, de 95,591 tonnes en 1888, et de 136,551 tonnes en 1898.

La Chambre de commerce de Honfleur a contracté, de 1888 à 1896, en vue d'améliorer le port de Trouville, divers emprunts montant ensemble à 542,000 francs. L'outillage de manutention du port, appartenant à des particuliers, comprend cinq grues à vapeur roulantes et trois grues à main.

Port de Caen. — Le port de Caen communique avec la mer par un canal de 14 kilomètres et de 5 m. 70 de tirant d'eau, aboutissant à Ouistreham et s'y terminant par une écluse. Il comprend un port d'échouage sur l'Orne, un bassin de 3 hect. 4 et un autre bassin sur le canal, avec 1,650 mètres de quais autour de ces deux bassins.

Une nouvelle écluse de 181 m. 30 est en construction à Ouistreham. Quand elle sera exécutée, les tirants d'eau du canal et du port seront portés à 6 m. 20.

Le trafic a passé de 253,900 tonnes, en 1878, à 351,608 tonnes, en 1888 et à 518,654 tonnes, en 1898.

La Chambre de commerce a contracté, en 1888, un emprunt de 80,000 francs pour établir un service de remorquage sur le canal et, en 1895, un emprunt de 1,700,000 francs pour subvenir à l'amélioration des accès du port. Elle vient de voter, en 1900, un nouvel emprunt de 1,200,000 francs pour l'exécution de divers travaux. L'outillage, fourni par l'industrie privée, comprend 1 grue fixe de 10 tonnes et 13 grues à vapeur de 2 tonnes.

Port de Cherbourg. — Le port de commerce de Cherbourg comprend un avant-port de 6 hect. 4 avec 600 mètres de quais, un bassin à flot de 5 hect. 15 avec 880 mètres de quais et 5 m. 50 à 6 mètres de mouillage en morte-eau, une forme de radoub, une cale de carénage, des chantiers de construction.

Le trafic a été de 143,377 tonnes en 1878, de 197,030 tonnes en 1888 et de 292,974 tonnes en 1898.

La Chambre de commerce a contracté, en 1885, un emprunt de 1,300,000 francs pour contribuer aux travaux de dérochement de l'avant-port et d'amélioration du port. Elle a fourni, en 1896, un subside de 63,750 francs pour l'exécution de dragages.

L'outillage, consistant en 4 remorqueurs et 5 grues flottantes à vapeur, appartient à des particuliers.

Port de Granville. — Ce port, important pour la pêche de la morue à Terre-Neuve, se compose d'un port d'échouage de 13 hectares avec 671 mètres de quai et d'un bassin à flot de 3 hect. 10, avec 700 mètres de quai, agrandi par un bassin supplémentaire de 1 hect. 30 avec 300 mètres de quai. Le trafic a été, en 1878, de 96,074 tonnes, en 1888, de 60,506 tonnes, en 1898, de 71,407 tonnes.

Port de Nantes. — Le port de Nantes, situé à 56 kilomètres de l'embouchure de la Loire, comprend les bras nord du fleuve, avec 7,500 mètres de quais, dont 4,200 mètres en aval des Ponts, et 25 hectares de surface navigable. La construction du canal de la Basse-Loire, sur 15,064 mètres de longueur entre les écluses de la Martinière et du Carnet, avec un mouillage minimum de 6 mètres, a beaucoup amélioré les conditions du port de Nantes, en évitant aux navires le parcours d'une mauvaise partie du fleuve. Depuis l'ouverture de ce canal à la navigation, le nombre des bateaux calant plus de 5 mètres, ayant accédé à Nantes, a passé de 90 en 1892, à 338 en 1898. Le canal de la Basse-Loire a coûté 26,340,000 francs.

Le trafic maritime du port de Nantes, qui était de 458,341 tonnes, en 1878, a été de 520,860 tonnes en 1888 et de 950,114 tonnes en 1898.

Nantes est aussi un port fluvial important. Le trafic fluvial a été, en 1898, de 270,129 tonnes sur la Loire et de 246,553 tonnes sur l'Erdre, où aboutit le canal de Nantes à Brest.

La participation de la Chambre de commerce de Nantes aux travaux intéressant le port a consisté dans une avance de 4,500,000 francs (1889) pour l'achèvement du canal de la Basse-Loire, et dans deux emprunts de 1,200,000 francs (1893) et de 1,800,000 francs (1897) pour subvenir à un complément d'outillage et à la création d'un matériel de dragage. La Chambre de commerce possède et exploite : un slip en travers, du système Labat; des magasins d'entrepôt de 2 hect. 5, et un matériel de manutention composé de 1 bigue de 60 tonnes, de 10 grues fixes à bras, de 2 à 15 tonnes, et de 22 grues roulantes à vapeur, de 1 tonne 5. L'industrie privée exploite en outres 2 bigues de 40 et de 30 tonnes et 2 douzaines de grues à bras ou à vapeur de 1 à 6 tonnes. 17 bateaux et chaloupes-remorqueurs sont employés à la conduite des navires.

Port de la Rochelle-la Pallice. — Un chenal de 1,500 mètres de longueur et de 40 mètres de largeur mène à l'avant-port situé au fond de la baie de la Rochelle, puis au port d'échouage de 3 hect. 29 de superficie et aux deux bassins à flot, mesurant ensemble 4 hect. 75, avec 1,045 mètres de quais. L'outillage, appartenant à des particuliers, consiste en 27 grues, dont 20 à vapeur sur rails.

Le port de la Rochelle ne pouvant recevoir que par exception de grands navires à fort tirant d'eau, attendu que le mouillage peut s'y abaisser jusqu'à 4 m. 10, il a été décidé de construire, à 5 kilomètres de la ville, auprès de la rade de la Pallice, un port en eau profonde, dont l'exécution commencée en 1881, a été terminée en 1891. Le port de la Pallice ayant été précédemment décrit (voir Ministère des travaux publics, Section de la navigation maritime), il ne reste plus à mentionner ici que son outillage, fourni et exploité par la Chambre de commerce de la Rochelle, qui consiste en 6 hangars, mesurant ensemble 72 ares, en 10 grues roulantes à vapeur de 1,5 tonne et en 1 grue fixe de 10 tonnes.

Le trafic du port de la Rochelle a passé de 262,372 tonnes, en 1878, à 369,101 tonnes en 1888, et à 439,943 tonnes en 1898.

Le trafic du port de la Pallice s'est élevé de 41,455 tonnes. en 1891, à 146,684 tonnes, en 1898.

La pêche côtière, très importante à la Rochelle, a produit 3,626,000 francs, en 1898.

Port de Bordeaux. — Le développement du port en Garonne est d'environ 9 kilomètres, dont 2,600 mètres à l'amont du pont de pierre, avec une largeur moyenne de 423 mètres à l'étiage et un mouillage d'au moins 7 mètres. Les quais sont bordés en général de cales inclinées ou de perrés; il existe sur la rive gauche 2,803 mètres de quais verticaux et, sur la rive droite, un appontement en charpente de 312 mètres. A l'aval du port se trouve un bassin à flot de 10 hectares, avec 1,576 mètres de quais, accessible par deux écluses et muni d'une forme de radoub.

Le trafic du port s'est élevé de 1,573,116 tonnes, en 1878, à 2,470,130 tonnes, en 1888, et à 2,575,393 tonnes, en 1898.

IMPRIMERIE NATIONALE

La participation de la Chambre de commerce aux travaux de construction et d'amélioration du port de Bordeaux a été très considérable. Elle consiste en une avance de 14,500,000 francs (1868 et 1874) faite pour la construction du bassin à flot; en une avance de 3,500,000 francs (1885) et un subside de 10 millions (1887) affectés aux travaux du port proprement dit; en une avance de 24 millions (1888) pour améliorer les mauvais passages de la Garonne en y portant le tirant d'eau à au moins 7 mètres (il est, dès à présent, de 6 m. 75), et en un subside de 1,500,000 francs (1897), pour la construction, non encore commencée, d'une seconde forme de radoub; soit, en tout, 54 millions et demi.

L'outillage de manutention, créé et exploité par la Chambre de commerce comprend tant sur les quais de la Garonne que sur ceux du bassin à flot : une bigue de 80 tonnes, une grue fixe à bras de 1 tonne 5, 26 grues roulantes à vapeur de 1 tonne 5 et 12 grues roulantes hydrauliques de 1 tonne 5 à 10 tonnes. Cet outillage comprend, en outre, des magasins généraux et entrepôts et l'éclairage électrique du port.

Port de Bayonne. — Le port de Bayonne, situé sur l'Adour, à environ 6 kilomètres de la mer, se compose d'un avant-port, partant de l'embouchure et mesurant 2 kilomètres de longueur, et du port qui s'étend, à l'aval du pont de l'Adour, sur 1,750 mètres de longueur avec une largeur de 160 à 370 mètres. 620 mètres de quais existent sur la rive droite, 300 mètres sont en construction sur la rive gauche. Un bassin de radoub, situé de ce même côté, à l'extrémité aval du port, vient d'être récemment livré à l'exploitation. Grâce aux travaux d'endiguement et aux dragages effectués à l'embouchure, le tirant d'eau minimum s'est élevé de 2 m. 30, en 1874, à au moins 5 mètres, en 1878, de telle sorte que des bateaux calant de 7 à 8 mètres peuvent maintenant accéder au port. Aussi le trafic s'est-il rapidement développé. De 135,631 tonnes en 1878, il est monté à 465,788 tonnes, en 1888 et à 738,111 tonnes en 1898. La Chambre de commerce a contracté un emprunt de 1 million (1895) pour la construction du nouveau quai de rive gauche. Elle a établi plusieurs appontements et, dans l'avant-port, 3 grues à vapeur.

Port de Cette. — Le port de Cette, créé de toutes pièces à partir de 1666, est précédé d'une rade, abritée par un brise-lames, dont la longueur a été portée, entre 1882 et 1887, de 574 mètres à 1,574 mètres, au grand profit du mouillage qui atteint aujourd'hui 8 mètres dans la rade et dépasse 7 mètres dans la plupart des bassins. De l'avant-port, ouvert sur la rade et mesurant 11 hectares de superficie, on passe dans les bassins et canaux, les uns maritimes, au nombre de 7, mesurant 35 hect. 80, avec 6,187 mètres de quais, les autres fluviaux, au nombre de 2, mesurant 9 hect. 20 avec 2,743 mètres de quais.

Le trafic général, très influencé par les conditions de production et de vente des vins, a été de 1,037,813 tonnes, en 1880, de 980,151 tonnes, en 1888, et de 937,078 tonnes, en 1898.

La Chambre de commerce a consenti, en 1889, une avance de 6,400,000 francs

pour la continuation des travaux du port. Elle possède 1 grue fixe à bras de 15 tonnes et 1 bateau-pompe. La Compagnie des chemins de fer du Midi emploie 8 grues de 3 à 10 tonnes.

Port de Marseille. — Le port de Marseille qui ne comprenait encore, au commencement du siècle qu'un seul bassin, le Port-Vieux, a été successivement agrandi vers le Nord par d'autres bassins dits : de la Joliette, du Lazaret, d'Arenc, de la Gare maritime et National, établis à la suite l'un de l'autre à l'abri d'une digue parallèle à la côte. Ils sont séparés et subdivisés par des traverses et des môles de 60 à 135 mètres de largeur. Les surfaces d'eau utilisables occupent 120 hectares et les longueurs de quai utilisables atteignent 13 kilomètres. A chaque extrémité de cette série de bassins, se trouve un avant-port. On transforme actuellement l'avant-port nord en un nouveau bassin, dit « bassin de la Pinède », au-devant duquel l'avant-port sera reconstitué, par le prolongement de la digue. La profondeur le long des quais de rive est de 6 à 7 mètres; elle augmente jusqu'au quai de la digue, où elle atteint 10 mètres dans les quatre premiers bassins, et jusqu'à 18 mètres dans le bassin National. Un bassin spécial, ouvert sur ce dernier bassin, est pourvu de 6 formes de radoub. Il existe 4 grands ponts tournants métalliques. Une vaste gare maritime s'étend le long des nouveaux bassins. La longueur totale des voies ferrées des quais s'élève à 42,300 mètres, dont 17,800 mètres exploités par la Compagnie des Docks et 24,500 mètres exploités par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.

Les magasins et hangars de la Compagnie des Docks mesurent, étages compris, 23 hectares de superficie. Les hangars publics, établis par la Chambre de commerce occupent 4 hect. 57. Les appareils de manutention, fixes, roulants ou flottants, sont au nombre de 143, non compris les cabestans et les élévateurs et descenderies de la Compagnie des Docks. 77 de ces appareils appartiennent à cette Compagnie ou à ses entrepreneurs, 27 à des compagnies ou à des particuliers et 39 à la Chambre de commerce. Ces derniers consistent en 36 engins mus par l'eau sous pression, savoir : 1 bigue oscillante de 120 tonnes, 24 grues de 1,250 kilogrammes, 11 grues de 3 tonnes et en 3 grues fixes à bras de 4, 8 et 25 tonnes, placées sur les quais du Port-Vieux. Le remorquage est libre; il existe 51 remorqueurs à hélice de 30 à 350 chevaux. 509 embarcations de servitude sont employées au transport des marchandises dans le port.

Le trafic du port de Marseille s'est élevé de 3,714,408 tonnes, en 1878, à 4,785,210 tonnes, en 1888, et à 6,274,738 tonnes, en 1898.

Les dépenses faites de 1815 au 31 décembre 1899, pour les travaux de construction et d'outillage, montent à 129,493,000 francs, dont 116,408,000 francs pour les bassins du Nord, sur lesquels les travaux et les installations faits par la Compagnie des Docks sont à compter pour 36,448,700 francs. La participation de la Chambre de commerce s'est élevée (avances non comprises) à 9,855,000 francs, dont 7 millions 135,000 francs pour frais d'outillage et 2,720,000 francs pour travaux d'infrastructure.

Le poids des marchandises débarquées et embarquées sous les hangars publics a passé de 219,037 tonnes, en 1884, année de la mise en exploitation, à 691,304 tonnes, en 1898.

CHAMBRE DE COMMERCE DE ROANNE.

Le port de Roanne, situé à l'extrémité du canal de Roanne à Digoin, se compose d'un bassin de 830 mètres de longueur sur 80 mètres de largeur, mesurant 5 hectares de superficie, bordé de terre-pleins d'une surface totale de 7 hectares, et longé, sur chaque rive, par une double voie ferrée. Le développement des quais verticaux est de 1,400 mètres. L'exploitation du port est faite par la Compagnie des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, qui a effectué, depuis 1886, les travaux de superstructure (voies ferrées, plaques tournantes, bâtiments d'exploitation) montant à 254,300 fr., tandis que le service de la navigation exécutait les travaux d'infrastructure (murs de quais, empierrements, ponts tournants) montant à 449,146 francs.

Ces divers travaux ont été exécutés d'accord avec la Chambre de commerce de Roanne, présidée par M. Bajard.

Le tonnage des marchandises, transbordées du chemin de fer au canal et réciproquement, s'est élevé de 51,884 tonnes, en 1889, à 293,251 tonnes, en 1898.

COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

L'ensemble des lignes françaises d'intérêt général, appartenant ou devant faire retour à l'État, exploitées au 31 décembre 1899, représente 38,003 kilomètres, sur lesquels 33,424 kilomètres sont exploités par les six grandes Compagnies (Est, 4,543 kilomètres; Ouest, 5,687 kilomètres; Nord, 3,701 kilomètres; Midi, 3,481 kilomètres; Orléans, 6,969 kilomètres; Paris-Lyon-Méditerranée, 9,043 kilomètres) et 2,727 kilomètres par l'État.

L'accroissement général de ce réseau, depuis le 31 décembre 1889, a été de 4,579 kilomètres, dont 3,995 kilomètres pour les six grandes Compagnies et 228 kilomètres pour le réseau de l'État. C'est sur ces nouvelles lignes qu'existent les ouvrages exposés dans la Classe 29.

Toutefois, cinq seulement des grandes Compagnies (Est, Ouest, Nord, Orléans, Paris-Lyon-Méditerranée) ont exposé dans cette Classe. Les expositions des chemins de fer de l'État et de la Compagnie du Midi sont tout entières dans la Classe 32. Nombre d'ouvrages d'art exécutés sur des lignes appartenant aux réseaux d'Orléans et du Midi ont d'ailleurs été déjà décrits dans le chapitre intitulé « Chemins de fer » du compte rendu de l'exposition du Ministère des travaux publics. Cela tient à ce que les lignes nouvelles de ces deux réseaux sont, en ce qui concerne l'infrastructure, construites par les ingénieurs de l'État.

Aux termes de la classification générale, la Classe 29 ne comprend, touchant les

chemins de fer, que le tracé et les ouvrages d'art. Tout ce qui concerne non seulement le matériel roulant, mais la voie proprement dite, les aménagements de cette voie dans les gares de divers ordres, les signaux, les réservoirs d'eau, etc., demeure étranger à cette Classe. Mais on peut et on doit, sans doute, y comprendre les bâtiments des gares en les prenant comme ouvrages d'art, comme constructions en pierre et en fer, où, faisant abstraction des particularités spéciales à l'exploitation, on se bornerait à considérer ce qu'il y a d'essentiel, de commun avec les autres édifices. Les halles métalliques des gares de chemins de fer, par exemple, si on les envisage dans leur structure, pourraient, sans changements dans les formes, recevoir toute autre destination. Il en est de ces ouvrages comme des ponts, des viaducs, des souterrains, qui se construisent, à peu de chose près, pour les chemins de fer comme pour les routes ou les canaux. Il y a donc lieu, à ce titre, de les ranger avec ces autres constructions plus spécialement désignées sous le nom d'ouvrages d'art, dans la catégorie des édifices ressortissant à la Classe 29. C'est en se plaçant à ces points de vue qu'il sera rendu compte de l'exposition des Compagnies de chemins de fer.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'EST.

Les constructions métalliques récemment exécutées à la gare tête de ligne de Paris pour donner accès aux trains, au delà de la grande halle convertie en vestibule, sont des portiques de dimensions médiocres, dont le principal mérite consiste dans leur adaptation au plan commandé par les convenances de l'exploitation. Aussi, n'y a-t-il pas lieu de les examiner ici, non plus que les marquises d'entre-voie de la gare de Reuilly, également exposées par la Compagnie.

Il en est autrement de la **Halle des voyageurs de la gare de Troyes**, longue de 132 mètres, large de 47 m. 80, dont les fermes espacées de 9 mètres à 12 m. 65 et articulées à leur sommet, forment piliers dans leurs parties basses et arbalétriers dans leurs parties hautes. Les travaux ont été exécutés en 1894 et 1895. Poids total des fers : 981 tonnes 6 ; montant de l'entreprise : 336,000 francs.

Les **trois ponts** de la **rue du Département**, du **boulevard de la Chapelle** et de la **rue Voltaire**, situés : les deux premiers à Paris et le troisième à Troyes, ont dû être reconstruits, en 1893, par-dessus le chemin de fer, avec une très faible épaisseur de tablier. On a employé pour ces ponts un type métallique en usage à la Compagnie de l'Est depuis 1890 et connu sous le nom de *pont à béquilles*, à cause de la forme des supports qui s'évasent de bas en haut. Ces supports sont articulés à leur pied. Les poutres à âme pleine qui les joignent sont légèrement courbes à leur bord inférieur. Elles se raccordent par des coins arrondis avec les béquilles, dont l'âme est également pleine. Il en résulte, à la jonction, de forts encastrements qui permettent de réduire la hauteur de la poutre à 1/28 de la portée, tout en obtenant de très petites oscillations verticales lors du passage des surcharges. Le *pont de la rue du Département*, large de

12 m. 10, se compose de deux travées égales, de 23 m. 15 chacune. Le *pont du boulevard de la Chapelle,* large de 42 mètres, avec double trottoir, double chaussée et promenoir central, comprend deux travées de 26 m. 65 et de 24 m. 29.

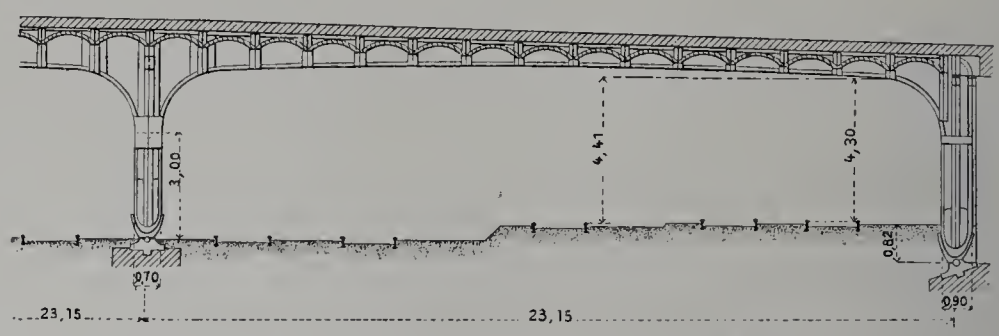


Fig. 49. — Pont à béquilles de la rue du Département.

Le *pont de la rue Voltaire,* à Troyes, large de 20 mètres, est subdivisé en trois travées de 17 m. 65, 21 m. 50 et 12 m. 85. Les poutres de ces trois ponts, au nombre de quatre sur la largeur pour le premier et le troisième, sont en acier.

Le **pont en arc sur la Moselle et sur le canal de l'Est**, construit en 1894, est un pont biais à 50 degrés, à double voie, composé de 5 travées de 37 m. 91, occupées chacune par quatre poutres en arcs, articulées aux naissances, treillissées dans les tympans, et mesurant 38 m. 50 d'axe en axe des articulations et 3 m. 63 de flèche. Chaque portion de tablier correspondant à une voie a été montée sur le remblai, en arrière des culées, suspendue au moyen de longues vis entre les deux poutres d'un grand pont de service que l'on a fait ensuite rouler jusqu'au-dessus de l'emplacement voulu, enfin descendue et mise en place au moyen des vis de suspension. Le poids total des parties métalliques est de 1,020 tonnes.

Le **viaduc de Chaumes**, sur la ligne de Verneuil à Marles, bâti en maçonnerie, pour deux voies, est curieux par les ingénieuses recherches de construction qu'on y observe.

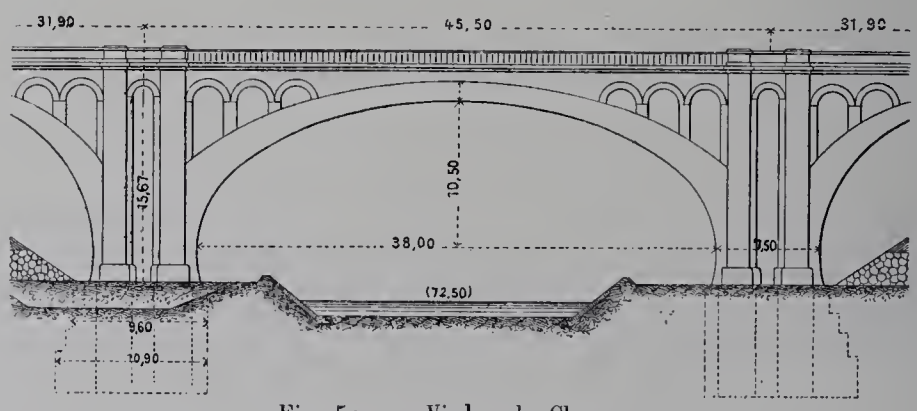


Fig. 50. — Viaduc de Chaumes.

Il mesure 109 m. 30 de longueur, 8 mètres de largeur, 17 mètres de hauteur, et se compose d'une grande arche centrale elliptique de 38 mètres d'ouverture et de 10 m. 50 de montée, et de deux arches extrêmes, en plein cintre, de 21 mètres d'ouverture. Les

tympans sont évidés par des voûtes transversales de 2 m. 10 d'ouverture, reposant sur des piliers de 1 mètre de largeur. Les piles, épaisses de 7 m. 50, sont également évidées par un berceau transversal qui mesure 1 m. 50 d'ouverture et 7 m. 23 de hauteur. Enfin, deux berceaux longitudinaux de 2 m. 10 d'ouverture sont ménagés à travers les voûtes transversales des tympans et des piles.

Principaux collaborateurs des chefs de service de la Compagnie : MM. Valat, ingénieur principal, et Lacroix, chef du bureau des constructions métalliques; Gouny, architecte; Moreau, chef de section.

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS.

La Compagnie d'Orléans expose deux prolongements de ses lignes dans Paris et la gare de Tours. Le prolongement des lignes a pour objet de mettre les gares terminales mieux à portée du public en les rapprochant du centre de la capitale.

Prolongement dans Paris, jusqu'à la place Médicis, de la ligne de Sceaux. — Ce travail a été exécuté de 1892 à 1894, avec une longueur totale de 2,165 mètres, dont 1,780 mètres en souterrain et 385 mètres à ciel ouvert. On a construit les souterrains en maçonnerie autant que possible. Les parties couvertes de tabliers en métal occupent seulement 220 mètres de longueur. La section courante du tunnel maçonné mesure 9 mètres de largeur, 3 m. 13 de flèche, 6 mètres de hauteur entre le sommet de la voûte et le dessus des rails, 1 m. 40 d'épaisseur aux pieds-droits et 0 m. 65 à la clef. Dans les stations, la largeur est portée à 16 m. 80 (gare du Luxembourg) et à 14 m. 80 (gare de Port-Royal) pour embrasser les trottoirs.

Il a fallu exécuter d'importants travaux de consolidation à cause des carrières et des fontis existants dans les terrains sous-jacents. Les voûtes, en meulière et ciment Portland, ont été exécutées à ciel ouvert, sans cintres, sur le terrain naturel déblayé, soigneusement dressé selon le profil de l'intrados et recouvert d'une couche de plâtre de 2 ou 3 centimètres. On a pu ainsi exécuter en deux ou trois fois, et à de longs intervalles, la largeur totale de la voûte, ce qui était nécessaire pour maintenir la circulation dans les voies publiques très fréquentées sous lesquelles passe le chemin de fer. Avant de construire les voûtes, on avait bâti les pieds-droits; mais, pour réduire le cube des fouilles profondes, on n'a exécuté d'abord que des tronçons de 4 mètres, séparés par des intervalles de 8 mètres, et joints l'un à l'autre par des arceaux sous lesquels on maçonnait plus tard, après avoir effectué le déblai général du souterrain. On a pu, en procédant ainsi, enlever au wagon, par le tunnel même, la plus grande partie des déblais. On y a gagné de réduire les frais de transport de ces déblais et de ne pas encombrer la voie publique par des dépôts de terre et des charrois. Le souterrain de 988 mètres, fermé à une extrémité, qui va de la station de Port-Royal à la gare terminus du Luxembourg, est ventilé artificiellement par aspiration au moyen d'un appareil centrifuge qui y renouvelle l'air intégralement deux fois et demie par heure.

La dépense totale s'est élevée à environ 4 millions. L'opération a été rémunératrice à cause de l'accroissement considérable qui s'en est suivi pour la circulation dans la banlieue.

Prolongement de la ligne d'Orléans jusqu'au quai d'Orsay. — La situation de la grande gare terminus du réseau d'Orléans, sur la place Walhubert, au delà du Jardin des Plantes, dans un quartier que le mouvement de Paris vers l'Ouest éloigne de plus en plus du centre de la capitale, offrait de graves inconvénients pour l'accès des voyageurs, inconvénients auxquels il était bien difficile de remédier à cause de la difficulté de transférer la gare dans une région centrale. La Compagnie y est cependant parvenue en saisissant l'occasion d'acquérir, au bord de la Seine, sur la rive gauche, vis-à-vis du jardin des Tuileries, un grand terrain de 200 mètres de longueur sur 75 mètres de largeur, compris entre la rue de Lille et le quai d'Orsay et occupé par les ruines du palais du Conseil d'État et par une caserne ancienne et insalubre.

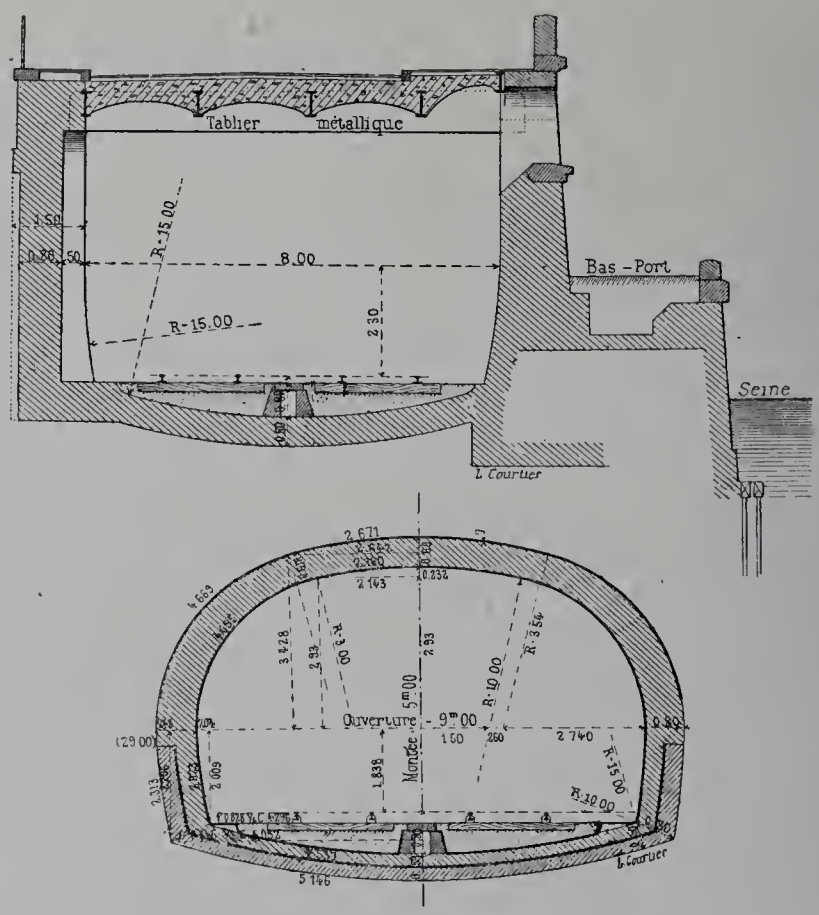


Fig. 51. — Coupes transversales de la ligne Austerlitz à Orsay.

Le prolongement de la ligne depuis la gare d'Austerlitz jusqu'à la gare d'Orsay mesure environ 4 kilomètres qui sont parcourus à ciel ouvert sur 650 mètres (sur le bas quai Saint-Bernard), et en souterrain sur le reste du trajet qui s'effectue sous les quais de la Seine. Les parties souterraines sont, en majeure partie, couvertes par des voûtes en maçonnerie de 9 mètres d'ouverture, réduites à 8 mètres depuis le Pont-Neuf jus-

qu'au Pont-Royal. Là où la hauteur a fait défaut on a remplacé la voûte par un tablier métallique hourdé en maçonnerie. On s'est attaché à exécuter les travaux sans troubler la circulation, en construisant les voûtes sous la chaussée par la méthode du bouclier et en exécutant les tabliers métalliques sous des planchers en bois. Sur la plus grande partie du parcours souterrain, des ouvertures pratiquées dans les murs de quai, au-dessus du niveau des grandes crues, assurent l'aération et donnent du jour.

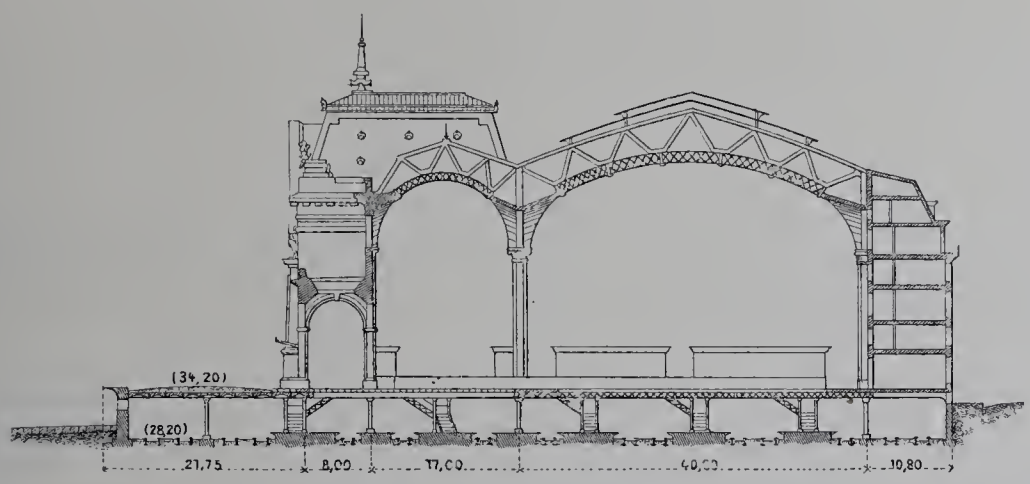


Fig. 52. — Coupe de la gare d'Orsay.

L'obligation de contourner les culées des ponts et de détourner un grand nombre d'égouts et de conduites a donné lieu à beaucoup de difficultés, dont aucune, cependant, n'approche de celles qu'il a fallu vaincre pour faire passer sous l'hôtel de la Caisse des dépôts et consignations et sous l'ancien café du quai d'Orsay la raquette d'épanouissement des voies ferrées de la gare. Celles-ci, au nombre de quinze, établies sur un radier en béton, sont à 4 mètres en contre-bas de la chaussée du quai, sous laquelle elles s'étendent jusqu'au mur limitant ce quai, à 20 mètres en avant du bâtiment de la gare. Ce bâtiment, d'un aspect très monumental, a sa façade principale tournée vers le quai. Il s'ouvre de ce côté par sept grandes arcades comprises entre deux robustes pavillons, et comprend, sur sa largeur, un portique de 8 mètres, un vestibule intérieur de 12 mètres et une halle métallique de 40 mètres. Murailles et piliers sont soutenus entre le niveau du sol et celui des rails par des supports métalliques retombant dans les intervalles des voies ferrées. Les façades sur les rues de Bellechasse et de Lille sont occupées par un hôtel terminus. L'ensemble de ces travaux, entrepris à partir du 1er janvier 1898, a pris fin le 28 mai 1900, date de l'ouverture de la ligne à l'exploitation. Celle-ci se fait avec des locomotives électriques. La dépense dépassera 40 millions.

Gare de Tours. — La nouvelle gare se compose d'un grand hall à deux nefs, de 62 mètres d'ouverture totale, accompagné de bâtiments de service sur sa longueur et terminé par une façade monumentale de même ordonnance que le hall. Deux vastes baies sous pignon, en plein cintre, sont comprises chacune entre deux robustes pylônes demi-circulaires couronnés par des statues.

Principaux collaborateurs des chefs de service de la Compagnie : MM. de la Brosse, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé des travaux de prolongement dans Paris des lignes de Sceaux et d'Orléans; Laloux, architecte des gares d'Orsay et de Tours; Verdeaux, inspecteur.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'OUEST.

La Compagnie des chemins de fer de l'Ouest expose les travaux de plusieurs lignes nouvelles, construites depuis 1889. Nous en décrirons sommairement les principaux ouvrages.

Ligne d'Argenteuil à Mantes, de 50 kilomètres, exécutée de 1888 à 1892, pour doubler (sur la rive droite de la Seine) les communications entre Paris et Mantes. On y remarque surtout les trois ouvrages suivants :

Souterrain de Meulan, long de 467 m. 50, mesurant 8 m. 70 de largeur et 6 mètres de hauteur entre le dessus des rails et la clef de voûte. Sur les têtes, le bandeau de la voûte encadré par une moulure, légèrement pointue au sommet, et l'entablement aux formes simples et robustes sont d'un excellent effet.

Viaduc de l'Oise. — Cet ouvrage, très heureusement étudié comme le précédent sous le rapport de la forme, se compose : d'une grande travée métallique de 96 mètres d'ouverture, franchissant l'Oise, comprise entre deux travées solidaires de 30 mètres, sur la rive gauche, et une seule travée de 30 mètres sur la rive droite. Chaque travée de 30 mètres comprend deux poutres de rive à treillis serré, hautes de 3 m. 78 et distantes de 6 m. 50 d'axe en axe. Dans la travée de 96 mètres, les deux poutres de rive, courbées en arc de cercle à la partie supérieure, mesurent 8 mètres de hauteur aux extrémités et 12 mètres au milieu; elles sont espacées de 8 m. 95 et sont formées de semelles semi-tubulaires, reliées l'une à l'autre par de grands croisillons et par des montants espacés de 5 m. 60. Elles portent les voies à leur partie inférieure, tandis que les poutres des travées de 30 mètres les portent à leur partie supérieure.

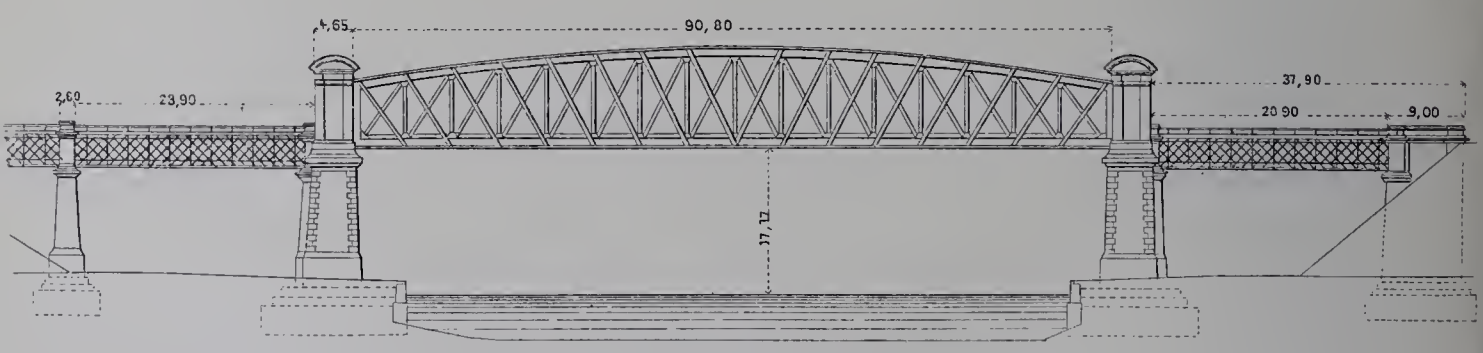


Fig. 53. — Viaduc de l'Oise.

La grande travée, ainsi bien distinguée des petites, est nettement séparées de celles-ci, dans le sens vertical, par de vigoureuses piles-culées prolongées jusqu'au-dessus des

extrémités des poutres principales. Ce prolongement est décoré de pilastres qui portent un entablement surmonté d'un fronton. Le viaduc de l'Oise, construit d'octobre 1889 à septembre 1891, a coûté 1,456,400 francs.

Viaducs sur la Seine. — Ce sont deux ponts en maçonnerie, composés : l'un, sur le grand bras, de quatre arches elliptiques de 34 mètres d'ouverture et de 10 m. 30 de flèche; l'autre, sur le petit bras, de trois arches elliptiques de 32 mètres d'ouverture et de 10 m. 30 de flèche. La largeur entre les parapets est de 8 mètres. Les piles ont 3 m. 70 d'épaisseur aux naissances. Piles et culées ont été fondées sur caissons à l'air comprimé. Les dépenses se sont élevées, pour l'ensemble des deux ouvrages, à 1,252,600 francs.

Ligne de Saint-Pierre-du-Vouvray aux Andelys, de 15 kilomètres, exécutée de 1893 à 1896. L'ouvrage d'art le plus notable est le *viaduc de Vouvray,* sur la Seine, de 410 mètres de longueur totale, partagé en six travées, dont deux de rive de 59 m. 45 et 55 m. 35, et quatre centrales de 67 m. 65. Les poutres de tête, à treillis, continues d'une extrémité à l'autre de l'ouvrage, mesurent 387 m. 75 de longueur, 7 mètres de hauteur, et 5 m. 50 de distance, d'axe en axe. Elles reposent sur des piles et sur des culées en maçonnerie, fondées à l'air comprimé, à une profondeur maximum de 17 m. 70 sous l'étiage. Le montage a été fait sur un échafaudage léger en bois, combiné avec des poutres métalliques sur les passes réservées à la navigation. Le volume des maçonneries atteint 13,000 mètres cubes et le poids du tablier 2,000 tonnes. L'ouvrage a été construit de 1893 à 1895.

Ligne de Vire à Saint-Lô et à Caen, de 97 kilomètres, dont l'ouvrage le plus re-

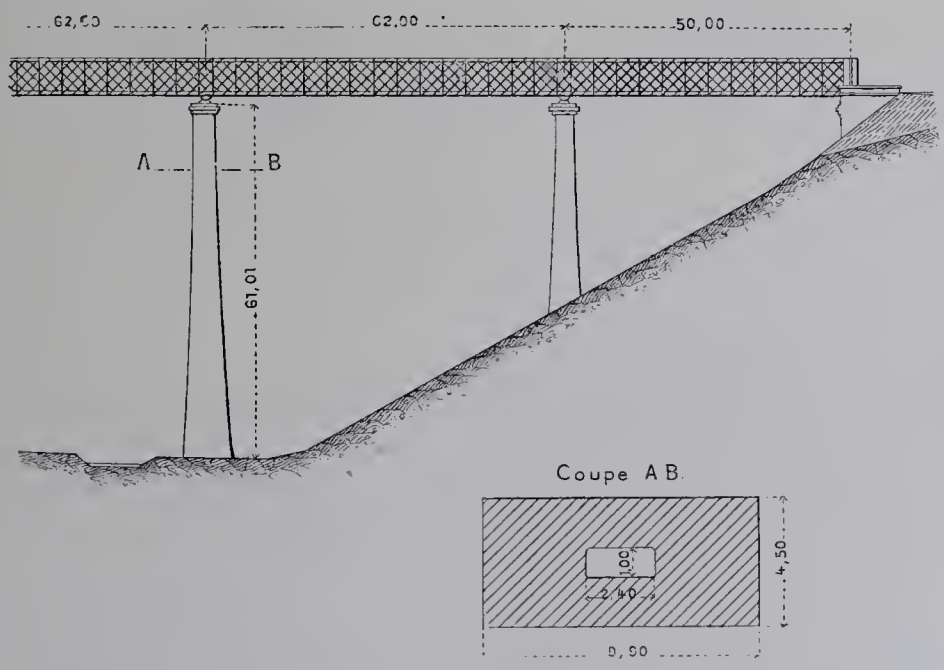


Fig. 54. — Viaduc de la Souleuvre.

marquable est le grand *viaduc de la Souleuvre,* d'une longueur totale de 366 mètres, composé de six travées mesurant : les deux extrêmes, 50 mètres d'ouverture d'axe en

axe des piles, et les quatre intermédiaires, 62 mètres. Le tablier métallique, formé de deux poutres droites continues, en treillis, de 6 m. 62 de hauteur, distantes de 6 m. 20 d'axe en axe (la ligne est à voie unique), est soutenu par des piles en maçonnerie, à fruit variable, dont la hauteur atteint 62 m. 50. Une intéressante particularité de ces piles, qui mesurent à leur sommet 8 m. 80 sur 4 mètres, est qu'elles sont évidées à l'intérieur par un puits rectangulaire à angles arrondis, de 2 m. 40 sur 1 m. 20, par lequel, à partir de 30 mètres d'élévation, se sont faits, avec économie et sécurité, par suite de la suppression des échafaudages, le montage des matériaux et l'accès des ouvriers. Le viaduc de la Souleuvre, exécuté de fin 1887 à mai 1891, a coûté environ 570,000 francs, ce qui donne 93 francs pour le prix du mètre carré en élévation, fondations comprises.

Ligne de Courcelles-Ceinture à Passy et au Champ de Mars. — Cette ligne, d'une longueur totale d'environ 6 kilomètres, met en relation le chemin de fer de la petite Ceinture (rive droite) avec le Champ de Mars et les Invalides. Dans une première section, longue de 3 kilom. 5, qui s'étend de la gare de Courcelles-ceinture, un peu au delà de l'avenue Henri-Martin, la nouvelle voie accompagne le chemin de fer de ceinture; dans la seconde section, longue de 2 kilom. 5, la ligne construite à neuf descend le coteau de Passy et rejoint la gare du Champ de Mars.

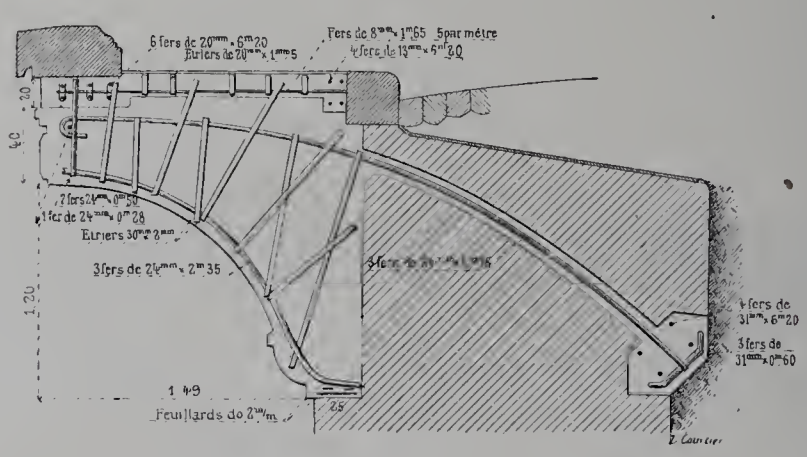


Fig. 55.

Les travaux exécutés dans la première section ont eu pour objet de porter de deux à quatre le nombre des voies. A cet effet, on a substitué le plus souvent, dans les tranchées, des murs verticaux aux talus de déblais. Faute d'espace, on a dû, sur d'assez grandes longueurs, soutenir en encorbellement au-dessus de la tranchée, le bord de la voie publique longeant le chemin de fer : on a, dans ce cas, exécuté en béton armé les consoles et le plafond de l'encorbellement. Il a fallu aussi élargir ou doubler les souterrains accroître la portée des ponts sans en augmenter l'épaisseur, reconstruire les stations. L'exécution de ces travaux, faite en trente et un mois, d'août 1897 à mars 1900, a été rendue extrêmement délicate et difficile par les innombrables sujétions, résultant, d'une part, de l'obligation de ne pas interrompre un trafic des plus intenses, compor-

tant 400 trains par vingt-quatre heures, et ne pouvant être suspendu que pendant trois heures de nuit; d'autre part, de la nécessité d'entraver le moins possible la circulation sur les nombreuses voies publiques, très fréquentées, qui passent au-dessus du chemin de fer.

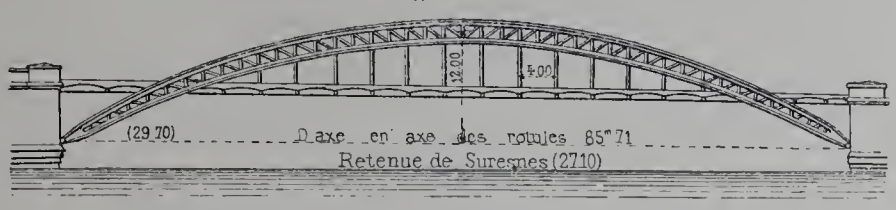


Fig. 56. — Ligne de Courcelles au Champ de Mars.
Viaduc de Passy sur le grand bras de la Seine.

Dans la seconde section, la nouvelle ligne, après avoir passé en souterrain avec un biais de quatorze degrés sous la ligne de ceinture qu'elle vient de quitter, s'engage dans le grand tunnel de Passy, partagé en deux tronçons par la station à ciel ouvert de Boulainvilliers, franchit la Seine par un viaduc métallique, d'une seule arche, sur le grand bras et par un viaduc métallique de trois travées solidaires sur le petit, et aboutit à la gare du Champ de Mars, en longeant la rive de la Seine. On remarque, dans la station de Boulainvilliers, une curieuse passerelle, construite en pierre à l'image d'une arche en fonte. L'ouvrage le plus marquant de la ligne est le viaduc de Passy, sur le grand bras de la Seine. C'est un pont en arc où le tablier, disposé à peu près à mi-hauteur entre la corde et le sommet de l'arc, est suspendu à l'arc dans la partie centrale et porté sur cet arc aux extrémités. Les fermes, au nombre de deux, sont articulées aux naissances, elles mesurent 85 m. 71 d'ouverture, d'axe en axe des rotules, avec 12 mètres de flèche, et sont espacées de 9 m. 71 ; la fibre moyenne en est parabolique. Le montage, commencé en novembre 1899, a été complètement achevé le 15 mars 1900.

Ligne des Invalides à Versailles, rive gauche. — Cette ligne, qui sera à traction électrique, n'est encore exploitée que jusqu'à Issy, sur la section appartenant à la ligne des Moulineaux, ouverte depuis 1889. La partie neuve, longue de 11 kilom. 5, qui va d'Issy à Viroflay, comprend cinq grands viaducs en maçonnerie, dont le principal, traversant la plaine d'Issy, mesure 553 mètres de longueur, et un souterrain de 3,363 mètres sous la forêt de Meudon. Ce dernier ouvrage a présenté de très grandes difficultés d'exécution, par suite des énormes pressions, résultant d'abondantes infiltrations d'eau dans les marnes argileuses, qu'on a rencontrées sur presque toute la longueur du tunnel.

La **Gare terminus des Invalides**, appelée à desservir un mouvement considérable de voyageurs, tant sur les grandes lignes que dans la banlieue, comprend un bâtiment de 95 mètres de longueur, en bordure sur la rue de Constantine et un réseau de voies assises en contre-bas du sol, sur un radier général en béton. Ces voies sont recouvertes

presque totalement par un vaste tablier métallique, destiné à conserver à l'Esplanade son caractère en dérobant aux yeux la vue des rails et le mouvement des trains.

Principaux collaborateurs des chefs de service de la Compagnie : MM. Rabut, ingénieur en chef des ponts et chaussées (viaduc de la Souleuvre, doublement de voies sur la Ceinture, ligne d'Issy à Viroflay); Bonnet, ingénieur des ponts et chaussées (lignes d'Argenteuil à Mantes, du Trocadéro au Champ de Mars, des Invalides à Javel); Mignet, ingénieur (bifurcations de Viroflay, ligne de Plaisir-Grignon à Épône).

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD.

L'exposition de la Compagnie du chemin de fer du Nord comprend, avec quelques ouvrages d'arts proprement dits, d'importants travaux d'agrandissement et d'amélioration exécutés dans certaines des principales gares du réseau. Nous laisserons de côté, comme ne se rattachant point à la Classe 29, tout ce qui, dans ces derniers travaux, se rapporte à l'aménagement des voies ferrées, et nous rendrons compte seulement de ce qui intéresse la structure des bâtiments.

Gare terminus de Paris. — Pour porter de quatorze à vingt-quatre le nombre des voies aboutissant à la gare terminus, on a installé en tête de cette gare tout le service des voyageurs. Par suite de cette transformation, les deux ailes affectées auparavant aux services de l'arrivée et du départ, qui enfermaient latéralement la grande halle métallique de 70 mètres d'ouverture, ont été ajourées vers l'intérieur et incorporées à cette halle, dont le vaisseau, formé à présent de cinq nefs, mesure 135 mètres de largeur.

Un bâtiment neuf, construit en bordure de la rue de Dunkerque, forme une gare spéciale pour les trains-tramways et les trains de la Ceinture.

Gare d'Arras. — Le déclassement de la place forte d'Arras, prononcé en 1891, a amené la création d'une nouvelle gare de voyageurs, plus rapprochée que l'ancienne du centre de la ville. Le nouveau bâtiment construit en briques et pierres de taille, a 101 mètres de façade et comporte un corps central de 31 mètres de longueur, 19 m. 30 de largeur et 11 mètres de hauteur, entièrement évidé à l'intérieur, qui forme une vaste salle des pas-perdus, occupée en face de l'entrée par les bureaux des billets et des bagages. Du côté des voies, une halle métallique de 40 mètres d'ouverture (1896-1898) couvrant les trois quais et les six voies, s'étend sur la longueur du bâtiment. Les fermes en arc, à large triangulation, ayant la ligne de faîte à 19 mètres au-dessus des rails, s'appuient sur des pieds-droits de 11 m. 80 de hauteur.

La nouvelle gare d'Arras comprend un bâtiment affecté aux agents des trains. Ce bâtiment, long de 20 m. 60 et large de 13 m. 40, comporte un rez-de-chaussée et un étage, ayant tous deux 4 m. 28 sous plafond. Le rez-de-chaussée contient : vestibule avec escalier, salle de lavabos et de douches, cuisine, réfectoire, salle d'armoires et dortoir de six lits; à l'étage sont six dortoirs de six lits et une lingerie. Le calorifère est en sous-sol : les cabinets d'aisances et les urinoirs sont isolés dans une annexe. A

chaque lit correspond, dans les dortoirs, un volume d'air de 17 mètres cubes. Parois et plafonds sont peints à l'huile.

Gare de Lille. — La halle des trains de la gare de Lille, construite de 1890 à 1891, est longue de 162 m. 34 et large de 65 m. 36. Son comble est soutenu par des fermes sans tirants de 61 m. 08 d'ouverture, espacées de 10 mètres, faisant corps avec

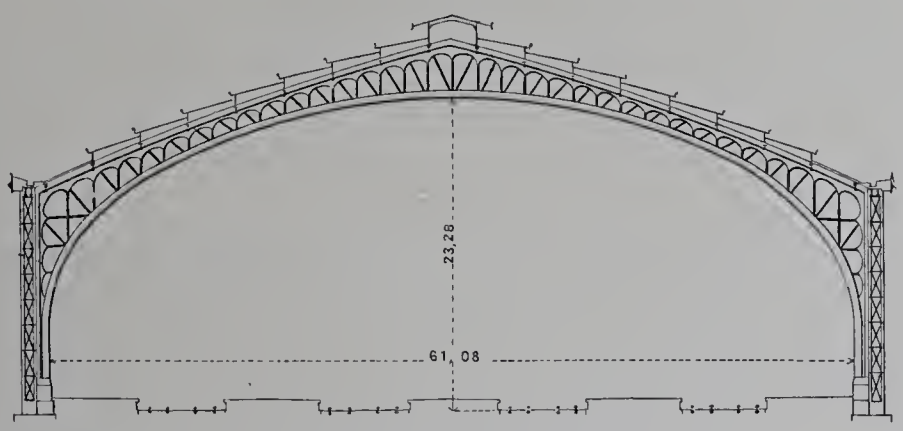


Fig. 57. — Halle de la gare de Lille.

les piliers et maintenues contre l'effet de la poussée par les massifs de fondations. Les piliers ont 17 m. 20 de hauteur du côté extérieur. L'extrados de la ferme est un arc de cercle. L'intrados, dont le sommet s'élève à 23 m. 29 au-dessus des rails est une anse de panier à cinq centres. Les arcs d'intrados et d'extrados, à section semi-tubulaire, sont reliés l'un à l'autre par des montants et des diagonales. Les pannes, au nombre de dix-huit, sont des poutres à âme pleine, de 0 m. 55 de hauteur. L'éclairage et la ventilation sont assurés par un lanterneau de faîte et par des lanterneaux vitrés, disposés en échelons sur chaque versant du comble. Des rideaux vitrés soutenus par deux piliers intermédiaires, ferment la halle de chaque côté, à partir de 8 m. 80 au-dessus des rails. Chaque ferme pèse 78,200 kilogrammes. Le poids total de l'ossature métallique monte à 2,676,880 kilogrammes. Les fermes de la gare de Lille sont les plus grandes qu'on ait construites dans une gare française.

Ouvrages d'art. — Le *remplacement,* sur la ligne très fréquentée de Paris à Creil, dans un pont biais de 30 mètres de portée, franchissant le canal de Saint-Denis, *des arcs de fonte, remontant à 1844, par un tablier en fer à poutres droites,* et la *substitution, dans le pont sur la Lys, à Armentières, d'un tablier métallique à trois arches en maçonnerie,* de 15 mètres d'ouverture, ont donné lieu, à cause des sujétions imposées par la circulation des trains et par celle des bateaux, à des difficultés de montage qu'on a résolues en construisant une moitié du nouveau pont à côté du pont à remplacer, en y faisant passer les trains pendant qu'on démolissait l'ancien ouvrage et qu'on construisait dans son emplacement définitif la seconde moitié du nouveau pont, en faisant ensuite passer les trains sur cette seconde moitié, enfin en ripant la première moitié jusqu'auprès de la seconde et en l'entretoisant avec celle-ci.

Réfection de la voûte du souterrain du Coudray (ligne de Paris à Beauvais). — La voûte en briques de ce souterrain, long de 1,450 mètres, était traversée si fort par les infiltrations d'eau qu'on a dû se décider à démolir complètement les parties dégradées du revêtement et à les remplacer par une voûte étanche de 0 m. 38 d'épaisseur, constituée en ciment et meulière et recouverte d'une toile imperméable, bloquée contre le massif crayeux par un bourrage énergique en mortier de ciment, qui fait office de chape. On s'est servi, pour exécuter ce travail, de cintres métalliques mobiles, montés sur des chariots roulants. Chaque cintre, composé de cinq ferrures espacées de 1 m. 30, soutenant les couchis, mesurait 4 m. 40 de largeur. On en a employé huit pareils, afin d'aller plus vite. L'installation, pendant les travaux, d'une voie unique au milieu du tunnel, facilitait l'exécution.

Les tronçons reconstruits représentent une longueur de 672 mètres. On a mis cinq mois à les refaire. La dépense s'est élevée, tout compris, à 470,000 francs, soit à 699 francs par mètre courant de voûte rebâtie.

Collaborateurs principaux des chefs de service de la Compagnie : MM. les ingénieurs de la voie Descamps (nouvelle gare d'Arras), Tettelin (souterrain du Coudray), Paris (transformation des gares de Paris) et M. Ligny, chef du service des bâtiments.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.

La Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, qui construit sur l'ensemble de son réseau — le plus étendu et l'un des plus accidentés parmi les réseaux français — des lignes neuves pour une somme moyenne annuelle de 20 millions, n'a cru devoir exposer que trois ouvrages choisis entre les plus importants de ceux qu'elle a récemment exécutés. Ce sont : le *viaduc de Mussy* et le *souterrain des Echarmeaux*, sur la ligne de Paray-le-Monial à Givors, et le *viaduc métallique sur le Rhône*, à Avignon.

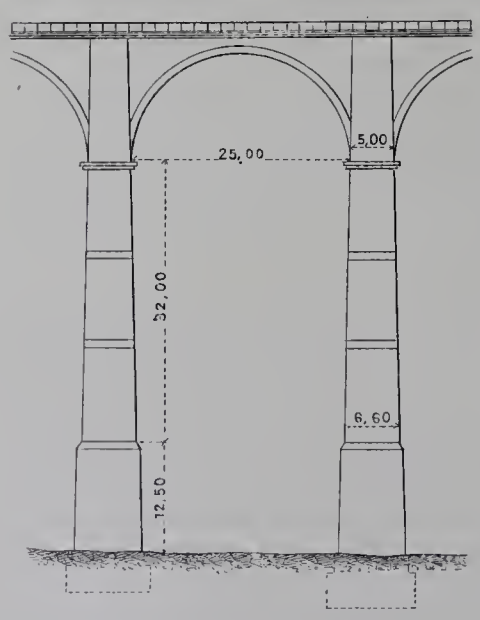


Fig. 58. — Viaduc de Mussy.

Viaduc de Mussy. — Le viaduc de Mussy, d'une longueur totale de 561 mètres et d'une hauteur maxima de 60 mètres, comprend dix-huit arches en plein cintre de 25 mètres d'ouverture et de 8 m. 10 de largeur entre les têtes. Les piles courantes ont 5 mètres d'épaisseur aux naissances. Trois piles-culées, espacées de 122 mètres d'axe en axe, ont reçu 7 mètres d'épaisseur. L'épaisseur des voûtes à la clef est de 1 mètre sur les têtes et de 1 m. 40 dans le corps de ces voûtes. Les tympans sont verticaux. Le fruit intérieur des piles est de 1/40, le fruit extérieur de 1/20. La construction est entièrement exécutée en moellons et maçonnée avec de la

chaux du Teil. Les piles sont fondées sur le rocher, à des profondeurs qui ont souvent atteint 11 mètres. Les plus élevées de ces piles furent montées jusqu'aux naissances au moyen d'une passerelle en fer à deux voies, de 4 m. 40 de largeur. Les matériaux, élevés jusqu'à cette passerelle par un monte-charge, étaient répandus sur chaque pile à l'aide de ponts de service en fer de 3 mètres de largeur. Passerelle et ponts de service étaient relevés au moyen de vérins au fur et à mesure que s'élevaient les maçonneries des piles. Quant aux maçonneries des voûtes, on les a exécutées en montant les matériaux, chargés sur des wagons, que remorquait, à l'aide d'un câble métallique, une machine à vapeur fixe, le long d'un plan incliné placé sur l'un des flancs de la vallée. Les wagons étaient ensuite dirigés sur un pont de service en charpente, posé sur les cintres des voûtes, et amenés au droit de chacune de ces voûtes. On évitait ainsi, pour une bonne partie du cube des maçonneries, le dispendieux montage des matériaux par des grues ou des monte-charges.

Le viaduc de Mussy, construit de janvier 1892 à octobre 1895, a coûté 2,764,650 francs, soit, par mètre carré de surface vue en élévation, 130 francs, prix notablement inférieur à celui des ouvrages bâtis en France qui lui sont comparables. La dépense prévue était de 170 francs par mètre carré.

Souterrain des Écharmeaux. — Ce souterrain, qui franchit le faîte de séparation des bassins de la Loire et du Rhône, mesure 4,152 m. 33 entre les têtes et présente, d'un côté, une rampe de 0 m. 0045 et, de l'autre côté, une pente de 0 m. 0025. Sa section, un peu plus grande que celle des tunnels à deux voies du réseau, mesure 8 m. 20 de largeur aux naissances de la voûte et 6 mètres de hauteur libre entre le rail et la clef. L'épaisseur du revêtement varie de 0 m 40 à 0 m. 80, selon la qualité du rocher. On a rencontré des eaux assez abondantes (3,550 m. c. par vingt-quatre heures). L'attaque a eu lieu par les deux têtes et par un puits de 93 mètres de profondeur, qu'on a conservé pour l'aérage. Le déblai s'est fait au moyen de perforatrices à l'air comprimé, avec un avancement moyen de 2 m. 50 au début, puis de 4 et même de 5 mètres par vingt-quatre heures. La galerie a été percée en vingt-deux mois. L'ensemble des travaux a duré quarante et un mois et demi, de janvier 1892 à juillet 1895. La dépense s'est élevée à 7,791,670 francs, soit à 1,876 francs par mètre courant, au lieu de 2,000 francs prévus au projet.

Viaduc sur le Rhône, à Avignon. — Ce viaduc est le principal ouvrage d'un tronçon de chemin de fer à deux voies, de 2,800 mètres de longueur, reliant la gare de Pont-d'Avignon, sur la rive droite du Rhône, à la gare d'Avignon, sur la rive gauche. Sa longueur totale est de 583 m. 40. Il comprend huit travées métalliques, deux extrêmes de 58 m. 40 et six intermédiaires de 73 mètres de portée. Le dessus des rails est à 12 m. 40 au-dessus de l'étiage. Piles et culées ont été fondées à l'air comprimé, sur des caissons métalliques, à 13 mètres sous l'étiage. Le tablier, en acier extra-doux, rivé mécaniquement, se compose : de deux poutres de rive continues, à âme double, hautes de 8 mètres et espacées de 9 m. 25 d'axe en axe ; de pièces de pont

IMPRIMERIE NATIONALE.

de 1 mètre de hauteur, espacées de 3 m. 60, rivées sur les poutres de rive; de longerons portant les longrines et les rails; d'entretoises supérieures, espacées comme les pièces de pont; de pièces spéciales de contreventement et d'un platelage général en tôle striée. Le tablier est ancré sur la pile centrale. Chaque poutre de rive porte à son sommet une file de rails permettant la circulation d'un chariot de visite.

Le poids total des métaux est de 4,408,850 kilogrammes, soit, par mètre courant, 7,936 kilogrammes.

La dépense totale (non encore réglée) est évaluée à 2,810,000 francs, soit, par mètre courant, 4,820 francs.

Principaux collaborateurs des chefs de service de la Compagnie : MM. Pouthier, ingénieur; Jolidon et Four, chefs de section (viaduc de Mussy, souterrain des Écharmeaux).

COMPAGNIE DES DOCKS ET ENTREPÔTS DE MARSEILLE.

Par un traité du 14 octobre 1856, la ville de Marseille a rétrocédé à la Compagnie des docks et entrepôts la concession du dock-entrepôt de la Joliette, que lui avait faite l'État (loi du 10 juin 1854). Pour prix de la rétrocession, la Compagnie paye à la Ville une redevance annuelle fixée à 50,000 francs pendant les trente premières années et à 100,000 francs pendant les soixante-neuf années suivantes de la concession. Celle-ci a été successivement modifiée et étendue par divers décrets.

La concession comprend tous les terre-pleins bordant le fond du bassin de la Joliette, le bassin du Lazaret et le bassin d'Arenc, plus les bassins de radoub. La Compagnie possède, en outre, un domaine privé considérable, longeant du nord au sud les terre-pleins des bassins du Lazaret, d'Arenc et de la gare maritime; elle y a bâti des entrepôts et des magasins. On a déjà vu (*Chambres de commerce, port de Marseille*) que les dépenses des travaux et des installations faites dans le port par la Compagnie des docks montent à 36,448,760 francs. Sur cette somme, 8,850,000 francs se rapportent aux formes de radoub. Si l'on tient compte des dépenses du domaine privé de la Compagnie, on arrive à un chiffre total d'environ 60 millions pour le capital consacré par cette Compagnie à l'exploitation du port de Marseille.

Les entrepôts, magasins et hangars de la Compagnie mesurent (étages compris) environ 23 hectares; la longueur des quais renfermés dans la concession atteint 3,270 mètres et celle des voies ferrées 17,800 mètres. La machinerie hydraulique, comprenant 3 machines d'une force totale de 530 chevaux et 5 accumulateurs, actionne 40 grues fixes de 1 à 3 tonnes, 21 grues roulantes de 1 tonne, 8 grues de cave, 24 élévateurs, 31 descenderies et 5 élévateurs-descenderies, soit en tout 129 appareils. Les six formes de radoub, mesurant : le n° 1, 181 m. 50; le n° 2, 110 mètres; les n°s 3 et 4, 90 mètres; les n°s 5 et 6, 130 mètres, sont desservies, pour les formes Nord (n°s 1 et 2), par 4 machines d'une force totale de 600 chevaux et par 4 pompes,

et pour les formes Sud (nos 3 à 6), par 3 machines d'une force totale de 750 chevaux et par 3 pompes.

Le nombre des navires chargés et déchargés dans le dock-entrepôt de la Joliette a été :

	NOMBRE.	À VAPEUR.	À VOILES.
1878	2,644	1,085	1,559
1888	1,588	878	680
1898	1,157	910	247

Le tonnage des marchandises débarquées et embarquées (consistant surtout : à l'importation, en céréales, graines oléagineuses et marchandises diverses; à l'exportation, en houilles françaises, céréales et marchandises diverses) est donné par le tableau suivant :

	1878.	1888.	1898.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Importations	1,343,497	1,343,354	1,595,928
Exportations	368,108	295,674	308,721
TOTAUX	1,711,605	1,639,028	1,904,649

Le tonnage des marchandises entrées dans les entrepôts du dock a été : en 1878, de 263,490 tonnes; en 1888, de 272,019 tonnes, et, en 1898, de 223,404 tonnes.

Les résultats financiers de l'exploitation des établissements de la Compagnie (dock-entrepôt et bassins de radoub) ont été les suivants :

	1878.	1888.	1898.
Recettes	9,370,051f 38c	8,666,838f 25c	9,356,428f 47c
Dépenses	5,530,137 55	5,643,601 34	6,163,593 11
Produits nets	3,839,913 83	3,022,736 91	3,192,835 36

Le dividende attribué à chacune des actions de 500 francs du fonds social a varié de 10 à 35 francs depuis 1864, date de l'ouverture du dock à l'exploitation, jusqu'en 1898. Il a été en moyenne de 24 fr. 48 pendant cette période de trente-cinq années.

CONSTRUCTEURS ET ENTREPRENEURS
DE TRAVAUX PUBLICS.

L'industrie des constructeurs et des entrepreneurs de travaux publics, qui était déjà, en 1889, très prospère en France, a continué à s'y développer avec succès. Non seulement ces industriels ont exécuté, en France et dans les colonies françaises, un grand nombre d'importants et remarquables travaux, mais, appelés, en outre, à concourir dans différents États avec des rivaux étrangers, pour l'exécution de grands ouvrages, ils

ont obtenu souvent la préférence. Le compte rendu de leurs travaux montrera que leur activité s'est exercée en beaucoup de pays, sur toute l'étendue du globe, en Belgique, en Espagne, en Portugal, en Autriche, en Hongrie, en Russie, en Roumanie, en Turquie, en Égypte, en Chine, au Pérou. De ce côté, du moins, l'industrie française est restée florissante au dehors, et les ingénieurs constructeurs français ont bien mérité de leur pays. Leurs travaux, exécutés sur des projets qui tantôt leur sont prescrits, et tantôt sont étudiés par eux, soit en partie, soit totalement, et, dans ce dernier cas, souvent traités à forfait, seront passés en revue en suivant l'ordre du catalogue.

Arnodin, à Châteauneuf-sur-Loire (Loiret). — La construction des *ponts suspendus* a pris, dès l'origine, un grand développement en France, grâce aux longues portées que ce système permet d'obtenir à peu de frais. De 1830 à 1852 furent établis plus de 400 de ces ouvrages. Mais la fragilité de leur structure et les accidents qui en résultèrent, les discréditèrent par la suite, jusqu'à ce que d'importants perfectionnements, qui ont fait disparaître leurs inconvénients originels, les aient de nouveau remis en faveur. Personne n'a, plus que M. Arnodin, contribué à ce résultat. Les perfectionnements qu'il a introduits dans la construction des ponts suspendus sont de plusieurs sortes.

Amarrages et suspension amovibles. — On emploie un nombre de câbles distincts suffisants pour qu'on puisse remplacer à volonté l'un quelconque d'entre eux; et chaque tige de suspension est accrochée à un étrier qui embrasse tous les câbles, afin que la suppression d'un de ces cables reste sans influence sur l'effet de la tige, et que celle-ci puisse, elle-même, être aisément remplacée. Dans un pont ainsi construit, on peut, sans difficulté, renouveler, au besoin, par parties, tous les organes de suspension. A cette amélioration essentielle en furent ajoutées d'autres, également très importantes. Ce sont : l'usage des *câbles tordus,* dits *alternatifs,* dans lesquels l'effort se répartit également entre les brins; l'emploi du *chariot de dilatation,* du *tablier raidi métallique,* des *câbles obliques*, *disposés selon la méthode française.*

De 1872 à 1900, la maison Arnodin a construit ou restauré plus de 150 ponts suspendus, parmi lesquels nous citerons les suivants, d'une portée supérieure à 100 mètres, exécutés depuis 1889 :

Pont de Santa-Isabel, à Sarragosse (1890), 1 travée de 134 mètres;

Pont de Bonpas, sur la Durance (1893), 4 travées, dont 2 de 105 mètres et 2 de 147 m. 50;

Pont de Pont-Lorois, sur la rivière d'Étel (1895), 1 travée de 113 mètres;

Pont de Port Sainte-Marie, sur la Garonne (1899), 1 travée de 179 mètres;

Pont du Boulou, sur le Tech (1899), 1 travée de 123 mètres;

Pont d'Aramon, sur le Rhône (1900), 1 travée de 274 mètres.

Transbordeurs. — Une conséquence très intéressante des progrès apportés à la construction des ponts suspendus, a été l'adaptation que M. Arnodin a faite de ces ouvrages à la traversée des passes maritimes, au moyen de transbordeurs ou nacelles

aériennes. Un pont suspendu très robuste, au tablier raidi dans les deux sens, porté sur de hauts pylônes, franchit la passe à une hauteur suffisante pour laisser librement circuler en dessous les bateaux avec leur mâture. Sous le tablier, roule sur des galets, qui prennent appui sur des rails longitudinaux, un chariot mû funiculairement par un moteur à vapeur ou électrique. La plate-forme du transbordeur, disposée au niveau des quais, un peu au-dessus des plus hautes mers, est suspendue au chariot mobile par des tiges entre-croisées afin d'empêcher le balancement par l'effet du vent.

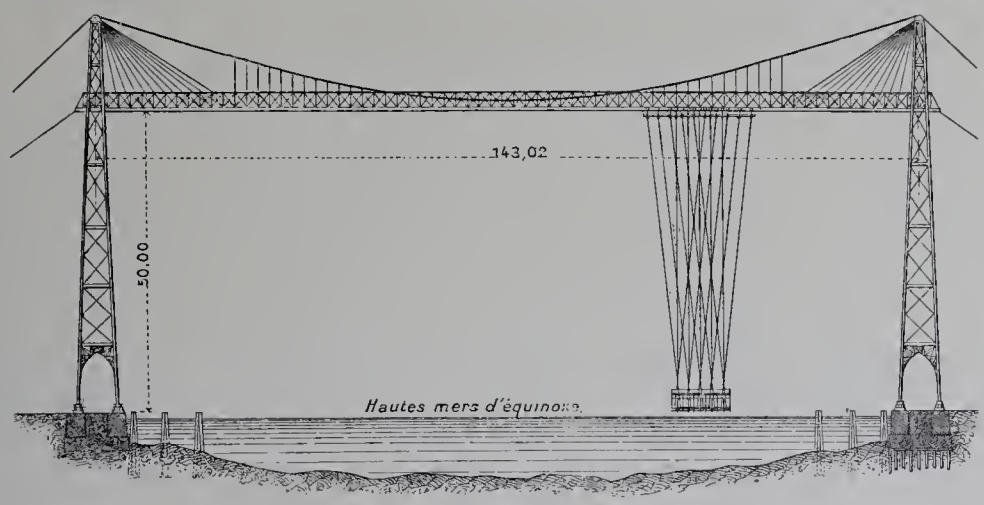


Fig. 59. — Pont transbordeur de Rouen.

Le premier transbordeur, d'une portée de 160 mètres, a été construit par M. Arnodin à *Portugalete,* près Bilbao, de 1891 à 1893. Le même constructeur a exécuté ensuite les transbordeurs de :

	PORTÉES. — mètres.
Bizerte (1897-1898)	109
Rouen, sur la Seine (1899)	143
Martrou, sur la Charente (1899-1900)	140

Le tablier du transbordeur de Rouen, large de 8 mètres, est suspendu à 50 mètres d'élévation au-dessus des quais. La nacelle mesure 10 m. 14 de longueur sur 13 mètres de largeur. Elle accomplit quotidiennement 240 traversées, passant jusqu'à 300 voitures et 10,000 piétons. Ce transbordeur, ainsi que celui de Bizerte, ont parfaitement résisté à de très violents ouragans. En définitive, ce moyen de franchir les passes maritimes offre de grands avantages, soit de facilité, soit d'économie, par rapport à tous les autres systèmes : ponts tournants, levants ou basculants, bateaux, bacs, tunnels, ponts par-dessus. Aussi son usage est-il en voie de se répandre. De nombreux projets sont à l'étude chez M. Arnodin, pour la France, la Belgique, l'Angleterre, le Danemark, les États-Unis, etc.

Baudet, Donon et Cie, à Paris. — Les travaux exposés par MM. Baudet, Donon et Cie (non compris ceux relatifs à l'Exposition) sont les suivants :

Porte de l'écluse Trystram, à Dunkerque, consistant en trois paires de portes d'écluse,

constituées chacune par deux vantaux de 14 mètres de longueur, 12 m. 05 de hauteur et 1 m. 50 d'épaisseur, avec caisse à air dans la partie centrale. Le poids de chaque vantail, y compris colliers, pivots et ancrages, est de 153 tonnes. La dépense s'est élevée à 840,000 francs.

Ponts à béquilles de la rue d'Alésia (Compagnie de l'Ouest) **et du boulevard de la Chapelle** (Compagnie de l'Est). — Il a déjà été rendu compte (*Compagnies de chemins de fer. — Compagnie de l'Est*) de ce système de ponts et, en particulier, du pont ou viaduc sous le boulevard de la Chapelle.

Pont sur l'Oued-Tessa, en Tunisie, construit pour une route, et composé d'une seule travée de 75 mètres de portée. Les deux poutres de tête, espacées de 4 m. 40 d'axe en axe, sont à profil semi-parabolique avec liaison des semelles par des montants espacés de 5 m. 92 et par des diagonales. La hauteur de la portée au milieu est de 8 m. 17. Les pièces de pont, hautes de 0 m. 45, portent, par l'intermédiaire de fers Zorès, une chaussée macadamisée de 2 m. 50 comprise entre deux trottoirs de 0 m. 75. La travée métallique, pesant 166 tonnes, repose sur des culées en maçonnerie. Elle a été montée d'octobre 1894 à janvier 1895.

Compagnie de Fives-Lille. — La Compagnie de Fives-Lille, fondée en 1861, a exécuté depuis son origine, dans presque toutes les parties du globe, des ouvrages métalliques considérables, dont le tonnage, rien que pour les ponts et les fondations à l'air comprimé, monte, jusqu'à ce jour, à plus de 140,000 tonnes de métal. Elle a exposé, dans la classe 29, cinq de ses principaux ouvrages, dont l'un, consistant en une part du pont Alexandre III, sera examiné dans le compte rendu des travaux de l'Exposition. Un tableau contenant des photographies d'ouvrages moins importants complète cette exposition.

Pont Carol I ou de Cernavoda, sur le Danube. La traversée de la vallée du Danube par le chemin de fer reliant la Roumanie à la Dobrudscha comprend plusieurs ouvrages métalliques, dont l'ensemble sera décrit dans le compte rendu des travaux exposés par la Roumanie. Nous ne nous occuperons ici que du pont, projeté par M. l'ingénieur en chef Anghel Saligny et exécuté par la Compagnie de Fives-Lille, qui franchit le bras principal du fleuve. Sa longueur totale est de 750 mètres; le dessous du tablier s'élève à 30 mètres au-dessus des plus hautes eaux et à 37 mètres au-dessus de l'étiage. Les travées sont au nombre de cinq, appuyées sur des piles et des culées en maçonnerie, fondées à l'air comprimé à une profondeur moyenne de 30 mètres au-dessous du niveau des eaux ordinaires. Ces piles, dont la hauteur atteint 67 mètres, sont munies, à l'amont, de robustes avant-becs en granit à arête inclinée, formant brise-glaces, sur lesquels s'élèvent et se brisent les glaces chassées par le courant.

Les travées 2 et 4 sont occupées par des poutres à consoles débordantes, mesurant chacune 240 mètres de longueur, dont 140 mètres d'axe en axe des piles et 50 mètres d'encorbellement de chaque côté. Ces poutres *cantilever* sont réunies l'une avec l'autre,

au milieu du pont, et jointes aux culées, aux deux extrémités de l'ouvrage, par des poutres de liaison, complétant le tablier, qui mesurent chacune 90 mètres de longueur; d'où résulte, pour la répartition des appuis, une travée centrale de 190 mètres et quatre travées de 140 mètres. Les poutres à consoles mesurent 32 mètres de hauteur au droit des piles, au sommet de la partie surélevée en forme de triangle, et 17 mètres dans la partie horizontale intermédiaire. Les poutres de liaison, du type semi-parabolique, mesurent 13 mètres de hauteur, au milieu, et 9 mètres à chaque extrémité. Toutes les poutres sont à treillis, dessinant des losanges de même hauteur que l'intervalle des semelles. Leurs parois sont inclinées à 1/6.67 sur la verticale. Le tablier est établi pour une voie, avec 5 mètres entre parapets. Il est entièrement construit en acier doux et calculé pour un effort maximum de 12 kilogrammes dans les grandes poutres et de 8 kilogrammes dans les pièces de pont.

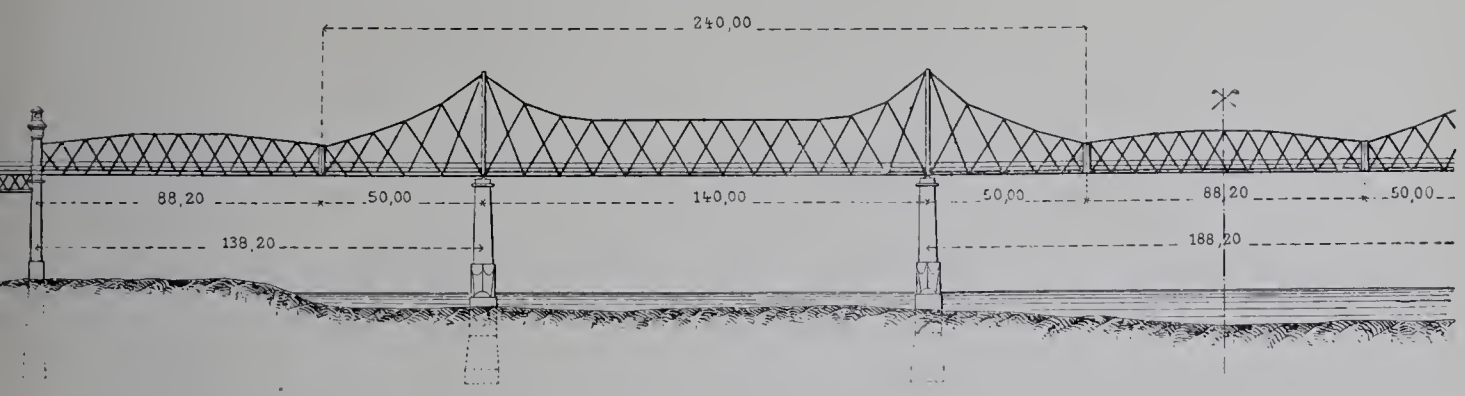


Fig. 60. — Pont sur le Danube à Cernavoda.

Le montage présentait des difficultés spéciales, à cause de la grande élévation du pont et à cause des glaces, dont la débâcle n'aurait laissé subsister aucun ouvrage provisoire. On a monté chaque poutre à consoles, au cours d'une seule campagne, sur un échafaudage en charpente dépassant le niveau des glaces, et on a fait porter cette poutre sur ses deux piles construites jusqu'à cette hauteur. Il restait à la soulever de 20 mètres. C'est ce qu'on a fait graduellement au moyen de vérins hydrauliques appuyés sur les piles; et, comme les maçonneries fraîches n'auraient pas supporté la pression transmise par ces vérins, on faisait porter ceux-ci sur des tubes de calage noyés dans le corps des piles et progressivement exhaussés.

Le poids du métal (tablier et caissons) est d'environ 6,400 tonnes. Le volume des maçonneries est de 40,000 mètres cubes. La valeur de l'ouvrage est d'environ dix millions. Les travaux, commencés le 15 janvier 1890, ont été terminés le 26 septembre 1895.

Viaduc de Guadahortuna, sur la ligne de Linares, à Almeria en Espagne (1896-1897). — Cet ouvrage, d'une longueur totale de 621 m. 30, comprend : un viaduc principal de 484 mètres en huit travées de 60 m. 50; un viaduc d'accès de 101 m. 40 du côté Linares, et une travée indépendante du côté Almeria. Le tablier du viaduc principal, formé sur chaque tête d'une poutre droite à treillis, à travées solidaires, de

5 m. 53 de hauteur, repose sur sept piles métalliques de 42 mètres d'élévation et sur deux culées en maçonnerie. Les piles, tout en acier laminé, ont leurs petites faces à treillis double et leurs grandes faces à treillis quadruple.

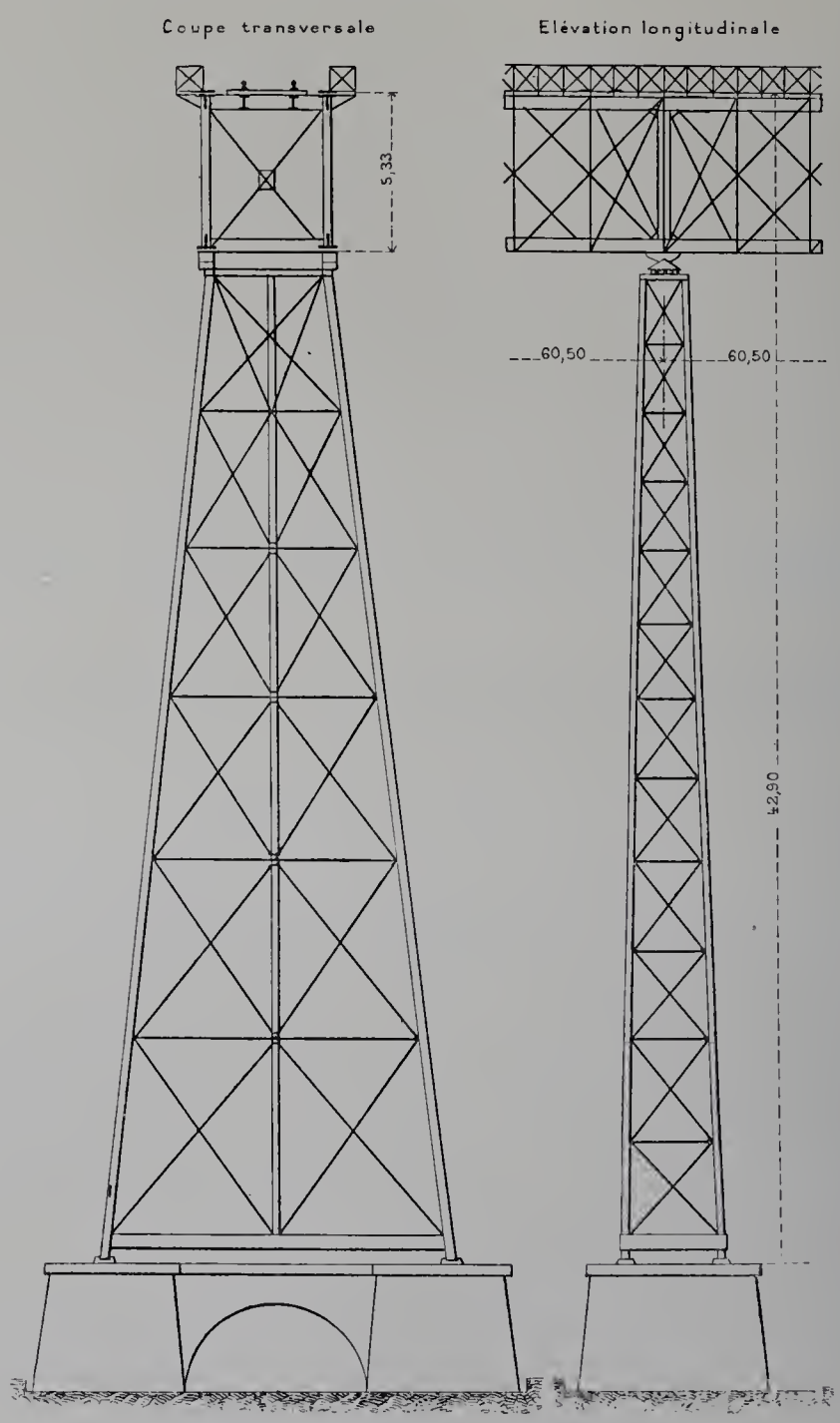


Fig. 61. — Viaduc sur le Guadahortuna.

Des dispositions spéciales, prises au pied de ces supports métalliques, assurent tout ensemble leur libre dilatation et leur liaison avec le soubassement en maçonnerie.

Le poids du métal est de 2,700 tonnes pour l'ensemble du viaduc. La dépense to-

tale monte à environ 2,200.000 francs dont 1,600,000 francs pour les parties métalliques.

Viaduc sur le Rio-Salado, sur la ligne de Linares à Almeria (1897-1898). — La longueur du tablier continu, à poutres droites en treillis, de 9 m. 97 de hauteur, est de 315 mètres, partagée en trois travées égales de 105 mètres. La hauteur du rail au-dessus du fond du thalweg est de 110 mètres. Les deux piles, construites en maçonnerie mesurent 88 m. 46 du sol au rail, et 101 m. 46, fondations comprises. Ce sont, apparemment, les plus hautes qu'on ait bâties. Le tablier, mis en place par lançage, et armé à cet effet d'un avant-bec métallique de 25 mètres de longueur, a franchi en porte-à-faux, sans aucun incident, les trois ouvertures successives de 105 mètres. Le poids du métal est de 1,750 tonnes. La dépense totale monte à 2,400,000 francs, dont 1,100,000 francs pour les parties métalliques.

Gare du quai d'Orsay (*chemin de fer d'Orléans*). — Cette imposante construction déjà sommairement décrite (*Compagnies de chemins de fer, compagnie d'Orléans*), composée d'une ossature en acier, associée avec des maçonneries qui ne jouent, même en façade, qu'un rôle de remplissage, repose en majeure partie, sur des piliers en acier laminé, dont quelques-uns portent jusqu'à 1,000 tonnes. Le poids total du métal est d'environ 12,000 tonnes. Les charpentes ont été étudiées et construites en vingt-deux mois.

Collaborateurs principaux : MM. Lantrac, ingénieur en chef, et Bertrand de Fontviolant, ingénieur du service des ponts et charpentes; Billon, chef du bureau des études des ponts et charpentes, Houette, chef des travaux de montage sur place et de fonçage à l'air comprimé.

Daydé et Pillé, à Paris. — La maison Daydé et Pillé, qui a pris aux travaux de l'Exposition une part des plus importantes, dont il sera rendu compte plus loin, a exposé, dans la Classe 29, des travaux nombreux et considérables exécutés en France, dans les colonies françaises et à l'étranger. Parmi les premiers, quelques-uns ont été exécutés d'après des projets dressés par les administrations françaises. Ce sont : le *pont Mirabeau,* sur la Seine, le *pont-canal de Briare,* sur la Loire, déjà décrits (*Ministère des travaux publics*) et le

Pont de Tolbiac, à Paris, exécuté de 1893 à 1895, pour faire passer la rue de Tolbiac au-dessus des voies du chemin de fer d'Orléans. Ce pont est à trois travées, dont une centrale de 60 mètres, et deux latérales de 51 mètres chacune. Les poutres de tête, terminées en pointe, en forme de navette, sont articulées ensemble et aux points d'appui sur les culées. La poutre centrale, du type cantilever, longue de 84 mètres et haute de 10 m. 60 en son milieu, déborde ses appuis de 12 mètres de chaque côté, réduisant ainsi à 39 mètres la longueur de chacune des poutres extrêmes ou poutres balanciers. Les âmes des poutres sont des lacis à grandes mailles. Le tablier

mesure 16 mètres de largeur; les entretoises portant la chaussée sont articulées avec les poutres de tête. Le poids du métal est de 1,266 tonnes, dont 1,200 tonnes d'acier laminé.

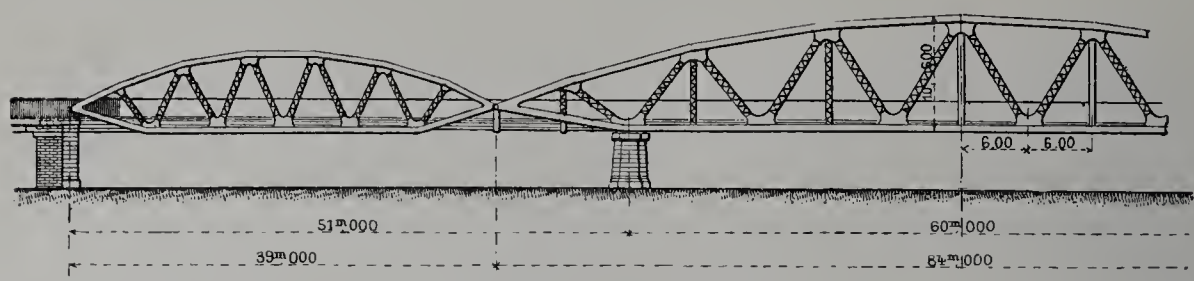


Fig. 62. — Pont de Tolbiac, à Paris.

Les ouvrages qui suivent ont été projetés et exécutés par MM. Daydé et Pillé.

Appontement de Pauillac, sur la Gironde (1895-1896). — Cet appontement, situé sur la rive gauche de la Gironde, à 150 mètres de la berge, et dirigé parallèlement à cette berge, se compose d'un tablier métallique de 360 mètres de longueur sur 23 mètres de largeur, offrant sur chacune de ses rives un tirant d'eau minimum de 9 m. 40 à basse mer. Il porte 7 voies ferrées, dont 5 pour la circulation des trains et 2 en bordure, pour le mouvement de 18 grues hydrauliques; il est relié à la berge par une passerelle courbe portant les voies d'accès, au nombre de deux. Le tablier de l'appontement repose sur une série de palées transversales, espacées de 10 m. 225 d'axe en axe, et composées de trois tubes en fonte, foncés à l'air comprimé, espacés de 9 mètres et entretoisés ensemble. De 4 en 4 palées, les deux tubes en bordure sont remplacés par des piles en maçonnerie. Le tablier est constitué par des poutres transversales appuyées sur les palées et par des poutres longitudinales, uniformément espacées de 1 m. 50, disposées à l'aplomb des rails. Le poids du métal atteint 4,800 tonnes et la dépense environ 6 millions de francs.

Appontement de la Boca, à Panama (1896-1898). — Cet appontement, construit pour le chemin de fer de Panama à Colon, et relié à la terre par une passerelle courbe, présente un front d'accostage de 302 mètres, avec une largeur de 16 m. 50, dont 8 m. 75 pour un quai à marchandises et 7 m. 75 pour une double voie ferrée. Il est entièrement couvert par une toiture métallique et il est muni de grues à vapeur roulantes et basculantes, créées et construites par MM. Daydé et Pillé. Les maçonneries de fondations ont été exécutées à l'air comprimé. Le travail a été entrepris, à forfait, moyennant 3,500,000 francs.

Appontements de Kotonou (Dahomey) et de Grand-Bassam (Côte-d'Ivoire). — L'appontement de Kotonou, destiné à rendre praticables les embarquements et les débarquements, en soustrayant ces opérations aux dangers de la barre littorale et au péril des requins, a été construit en France en octobre 1891 et monté sur place de janvier à août 1892. Sa longueur totale, qui est de 280 mètres, comprend une passerelle

de 236 mètres, large de 5 m. 50, et un débarcadère mesurant 44 mètres de longueur sur 15 m. 30 de largeur. Le grillage métallique du tablier, établi à 4 mètres au-dessus des plus hautes mers, est soutenu par des palées composées de pieux à vis, entretoisés ensemble et avec les longerons du tablier. Les pièces métalliques, débarquées au moyen de flotteurs ou de radeaux, ont été montées à l'aide d'une plate-forme roulante de 40 mètres de longueur pouvant s'avancer de 16 mètres en porte-à-faux au delà de la partie déjà construite de l'appontement.

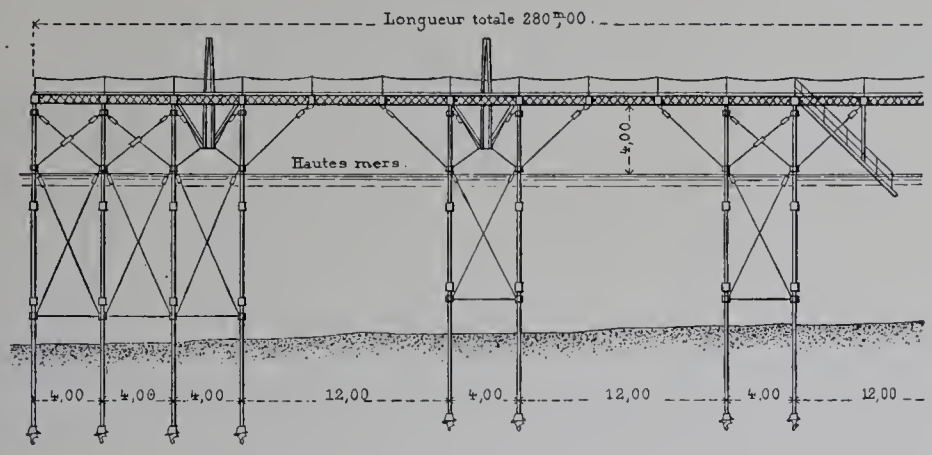


Fig. 63. — Appontement de Kotonou.

La dépense payée à forfait s'est élevée à 675,000 francs, platelage compris.

L'appontement de Grand-Bassam (1898-1900), construit comme celui de Kotonou, mesure 200 mètres de longueur; il comprend une passerelle de 150 mètres sur 6 mètres et un débarcadère terminal de 50 mètres sur 20 m. 40.

Pont sur le fleuve Rouge, à Hanoï (Tonkin). — Ce colossal ouvrage, destiné à faire passer, au-dessus du fleuve Rouge, le chemin de fer allant de Hanoï à la frontière de Chine, mesure 1,680 mètres entre les nus des culées et 1,682 mètres d'axe en axe des appuis extrêmes. Il est du système cantilever, et il comprend dix-neuf travées, dont deux extrêmes de 78 m. 70, et neuf de 75 mètres, alternant avec huit de 106 m. 20. Les travées de 75 mètres sont franchies par de grandes poutres, prolongées de chaque côté par des encorbellements de 27 m. 50. Ces poutres principales, qui mesurent ainsi 130 mètres de longueur totale, sont jointes l'une à l'autre par de petites poutres de 51 m. 20. Deux encorbellements et une poutre de 51 m. 20 constituent chaque travée de 106 m. 20. Les poutres de jonction, de hauteur constante, mesurent 5 m. 80 d'élévation. Les poutres cantilever, de hauteur variable, à semelle haute polygonale et relevée au droit des appuis, mesurent 17 m. 26 de hauteur au-dessus de ceux-ci et 12 m. 32 au milieu de la longueur. La distance d'axe en axe entre les poutres de tête est de 4 m. 75; un trottoir de 1 m. 30 fait saillie au dehors, de chaque côté. Les appuis, tant des poutres principales sur les piles que des poutres de jonction sur les extrémités des poutres principales, sont à rotules fixes d'un côté et à mouvement libre de l'autre côté. Le dessous du tablier est à 13 mètres au-dessus de

C. F. E.

l'étiage. Les dix-huit piles et les deux culées, construites en maçonnerie, sont fondées à l'air comprimé sur des caissons descendus à 30 mètres au-dessous de l'étiage. Les piles mesurent 3 m. 50 d'épaisseur au-dessus des fondations et 2 m. 70 au couronnement.

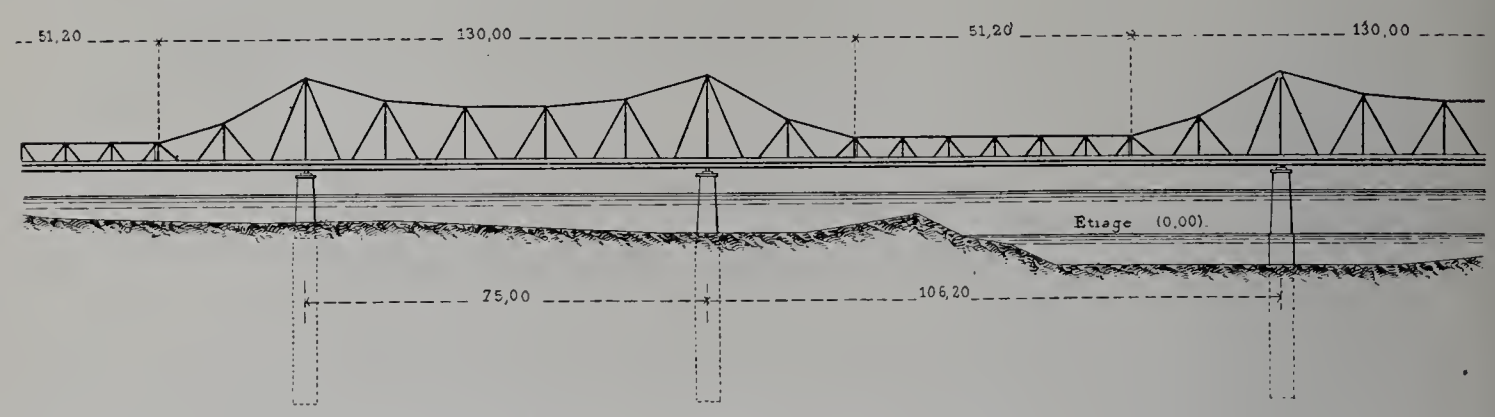


Fig. 64. — Pont sur le fleuve Rouge, à Hanoï.

Le poids du métal atteindra 6 millions de kilogrammes; le volume des maçonneries, 30,000 mètres cubes, et la dépense, 6 millions de francs. Au mois de juin 1900, douze piles étaient complètement achevées. L'ouvrage, commencé en 1898, sera achevé en 1902.

Pont sur le Nil au Caire (Égypte). — Ce pont, destiné à relier ensemble les chemins de fer de la Haute et de la Basse-Égypte, a été construit de 1890 à 1892. Il mesure 500 mètres de longueur, et se compose d'une travée tournante à double volée, laissant des ouvertures libres de 60 mètres et de six travées fixes continues. Deux voies charretières sont disposées en encorbellement de part et d'autre des poutres de tête. Les piles en maçonnerie sont fondées à l'air comprimé sur des caissons descendus à 25 mètres sous l'étiage. Le pont a été construit moyennant le prix forfaitaire de 2,030,000 francs.

Ponts de la ligne de Puente-Genil à Linarès [Espagne] (1890-1893). — Les quatre principaux ponts, construits en acier doux, mesurent de 200 à 250 mètres et sont divisés en trois travées. Le poids total des ouvrages métalliques exécutés sur la ligne atteint 5,900,000 kilogrammes.

Grand hall de la gare à voyageurs de Bordeaux Saint-Jean (1896-1898). — La longueur du hall est de 297 mètres. Les fermes, espacées de 9 m. 28, mesurent en portée 56 m. 63 et en hauteur, du sol au faîtage, 25 m. 80.

Pont tournant et basculant sur la passe de Missiessy, à Toulon (1890-1893). — Ce pont en acier, d'une longueur totale de 89 m. 95, franchit une passe de 50 m. 50 avec une volée de 56 m. 90. Son mécanisme hydraulique, aussi fourni par MM. Daydé et Pillé, permet soit de le basculer de façon à relever la volée pour laisser passer les embarcations, soit de le faire tourner pour déboucher la passe.

Digues extérieures du port de Valence (Espagne). — Les travaux, exécutés sur les projets et sous la direction des ingénieurs de l'État espagnol, par MM. Daydé et Pillé, associés à MM. Réveillac et Groselier, et commencés en 1898, comprennent la reconstruction de quatre digues formant l'enceinte du nouveau port. Les digues du Nord et de l'Est sont construites en blocs factices de 15 à 20 mètres cubes, reposant sur un soubassement en blocs naturels. Les deux autres digues sont entièrement constituées par des enrochements. L'exécution de ces digues, d'un développement total d'environ 4 kilomètres, comportera l'emploi d'un million de tonnes d'enrochements et de plus de 210,000 mètres cubes de blocs de béton.

Collaborateurs principaux : MM. Barthélemy Cyr, chef des ateliers de constructions métalliques; Girard, chef du service des études des constructions métalliques.

Dulac, Ducloux et Minuit, à Paris. — Le système de fondation de MM. Dulac, Ducloux et Minuit consiste dans la compression mécanique du sol au moyen de lourds pilons, soulevés par une sonnette à déclic, mue par la vapeur, et retombant par leur poids d'une hauteur qu'on règle à volonté. Il y a trois types de pilons : le perforateur, de forme conique, pesant 1,500 kilogrammes; le bourreur, à profil ogival, pesant 1,000 kilogrammes, et le pilon d'épreuve, à face inférieure plate, de même poids que le précédent. Quand le sol a été perforé jusqu'à une profondeur suffisante, on comble le puits qu'on vient de former en y jetant d'abord des pierres, qu'on bourre énergiquement de manière à épanouir le puits à sa base, puis d'autres matériaux durs, ou même du béton, répandus par couches de 0 m. 40 à 0 m. 50, que l'on continue à bourrer avec le pilon ogival. On obtient ainsi rapidement des massifs très compacts, enveloppés d'un terrain durci par une compression énergique, sur lesquels on peut asseoir des charges considérables. Ce système de fondations, appliqué déjà, depuis quatre ans, à de nombreux ouvrages exécutés en France et à l'étranger, a été fort employé dans les travaux de l'Exposition.

Duparchy et Vigouroux, à Paris. — MM. Duparchy et Vigouroux, entrepreneurs de la construction des chemins de fer éthiopiens, exposent les travaux en cours d'exécution de la *ligne de Djibouti à Harrar*. Cette ligne à voie unique de 1 mètre, avec plateforme de 3 m. 90 en remblai et de 5 m. 10 en déblai, avec déclivité maximum de 0 m. 03 et un rayon minimum des courbes de 100 mètres, enfin avec rails de 20 kilogrammes et traverses métalliques de 30 kilogrammes, accessoires compris, mesure 365 kilomètres de longueur. La dénivellation entre les points extrêmes est de 1,870 mètres; mais il faut, avant de parvenir à Harrar, franchir un col de 2,150 mètres d'altitude. Les principaux ouvrages d'art sont deux viaducs en maçonnerie de 142 mètres et de 156 mètres de longueur, avec 18 et 23 mètres d'élévation. La grande difficulté du travail a été dans le manque de ressources. Il a fallu tout créer; moyens de débarquement, logements, approvisionnements de toute sorte, alimentation en eau, soins médicaux, etc., et, de plus, pourvoir à la sécurité du personnel, souvent me-

nacée par les indigènes. Les travaux ont été commencés en 1897 et, au mois de juin 1900, la plate-forme était faite sur 131 kilomètres et la voie posée sur 108 kilomètres. On pense terminer la ligne fin 1901. L'entreprise fait les études et les projets. Elle construit au prix forfaitaire de 76,500 francs par kilomètre.

Une seconde ligne de 405 kilomètres de longueur est à l'étude entre Addis-Ababa et le kilomètre 290 de la ligne de Djibouti à Harrar.

Hersent et fils, à Paris. — Les très nombreux et importants travaux de la maison Hersent et fils (59 millions de travaux terminés depuis 1889 et 40 millions de travaux en cours d'exécution) comprennent surtout : des fondations à l'air comprimé, la construction de murs de quais et de jetées à la mer, des exploitations de ports. Nous rendrons compte des principaux d'entre eux.

Port de Lisbonne (Portugal). — La construction du port fut adjugée, en 1887, à M. Hersent, pour le prix de 60 millions de francs, avec un délai d'exécution de dix années; mais une modification faite au contrat primitif, en 1892, alors que l'entreprise avait déjà exécuté pour 14,650,000 francs de travaux, réduisit l'importance des ouvrages restant à construire, de manière à limiter à 30,200,000 francs la dépense totale. On a ajourné notamment la construction du bassin à flot d'Alcantara (14,3 hectares) et de son écluse. En même temps, l'entreprise devint concessionnaire de l'exploitation du port.

Les nouvelles installations maritimes comprennent :

4,470 mètres de quais accostables, dont 3,150 avec des fonds de 8 mètres à mer basse et 1,320 avec des fonds de 6 mètres;

3,500 mètres de perrés et rampes d'échouage;

Deux bassins de radoub, dont un de 180 mètres sur 25 mètres et l'autre de 100 mètres sur 15 mètres;

Un plan incliné pour haler les navires de 300 tonneaux;

Une usine hydraulique et des grues de 750 à 40,000 kilogrammes ;

Un embarcadère flottant de 100 mètres de longueur;

Des hangars-magasins pour entrepôts et des voies ferrées reliant les quais avec le chemin de fer.

Les murs des quais sont analogues à ceux du port de Bordeaux, avec cette différence que les piliers, au lieu d'être unis l'un à l'autre par des arcades construites au-dessus des basses mers, sont reliés par des linteaux, dont le dessous est à 2 mètres en contre-bas du zéro marégraphique. On gagne ainsi l'avantage d'obtenir un mur de quai plein jusqu'à 2 mètres sous les plus basses mers. Les piliers, mesurant à la base 4 m. 50 de largeur sur 7 m. 50 de profondeur, et au sommet 4 m. 10 sur 5 m. 70, espacés de 14 mètres d'axe en axe, sont fondés sur des caissons foncés à l'air comprimé, à des profondeurs variables entre 8 m. 50 et 14 mètres au-dessous du zéro.

Les caissons sont surmontés d'une enveloppe amovible en tôle, formant batardeau, qui est supportée pendant le fonçage par un échafaud flottant, composé de deux pon-

tons liés l'un à l'autre. La pile est maçonnée à l'air libre, à l'abri de ce batardeau, pendant que le caisson s'enfonce. On arrête cette maçonnerie au plan d'appui des linteaux, à 2 mètres en contre-bas du zéro. Les linteaux (employés pour la première fois à Lisbonne) armés en métal, sont construits à quai, dans des caisses métalliques, de longueur égale à l'espacement des piles d'axe en axe; ces caisses sont ensuite remorquées, échouées sur leurs supports et réunies entre elles par des joints en béton. Des enrochements, versés derrière le mur et prenant leur talus naturel sous les linteaux, maintiennent les terres des terre-pleins. Une mâture flottante de 50 tonnes sert au levage des hausses en tôle formant batardeaux, tant pour leur mise en place que pour leur enlèvement, après l'achèvement des piles.

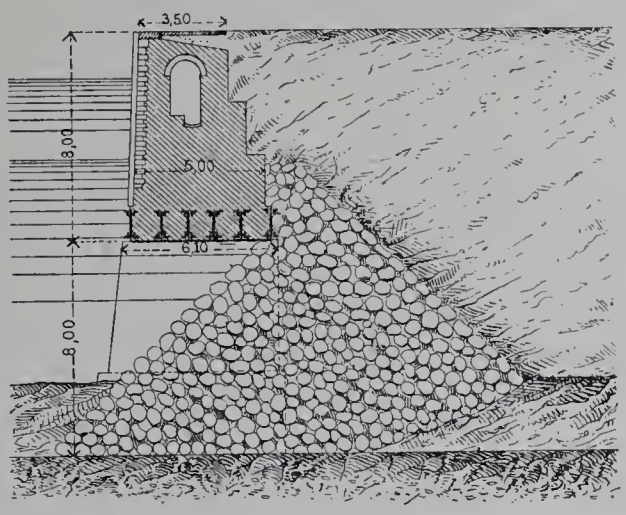


Fig. 65. — Port de Lisbonne. Murs de quai.

La construction des bassins de radoub, fondés sur un tuf basaltique imperméable, a été faite par épuisement, au moyen d'un batardeau constitué par les murs de quai avoisinants et par les têtes des bassins, bâties au préalable et munies de leurs bateaux-portes.

Le trafic en marchandises du port de Lisbonne est de 1,280,000 tonnes. Le tarif d'accostage aux quais, par tonne de jauge nette, est de 5 centimes avec réduction de 60 p. 100 pour les navires portugais, de 50 p. 100 pour les services réguliers de navigation et de 40 p. 100 pour les navires étrangers après trois voyages dans la même année.

Port de Bizerte et arsenal de Sidi-Abdallah. — Le port de Bizerte a été créé en vertu d'une convention, approuvée le 17 février 1890, concédant pour soixante-quinze années, à MM. Hersent et Couvreux, la construction et l'exploitation de ce port. Les travaux, exécutés de 1890 à 1897, consistèrent : dans la construction, au devant du goulet servant d'exutoire au lac, d'un avant-port limité par deux jetées, enracinées au rivage et convergentes vers le large : l'une, au Nord, de 1,000 mètres; l'autre, à l'Est, de 950 mètres, laissant entre elles une passe de 420 mètres; dans le creusement, à travers les sables du goulet, d'un canal de 64 mètres de largeur et de 9 mètres de tirant d'eau, donnant accès au lac; dans l'établissement des feux et des installations diverses nécessitées par l'exploitation du port. Pendant que ces travaux se poursuivaient et s'achevaient et qu'un transbordeur Arnodin était, en 1898, établi en travers du chenal, les dispositions réalisées étaient reconnues insuffisantes, et on décidait, en décembre 1899, d'y apporter les additions suivantes : Amélioration de l'avant-port par un allongement de 200 mètres de la jetée Nord, et par la construction, en avant de la passe d'entrée, par des fonds de 17 à 19 mètres, d'un môle de 610 mètres de

longueur; élargissement à 200 mètres du canal donnant accès au lac; dragages à 10 mètres sous basses mers d'une partie de l'avant-port.

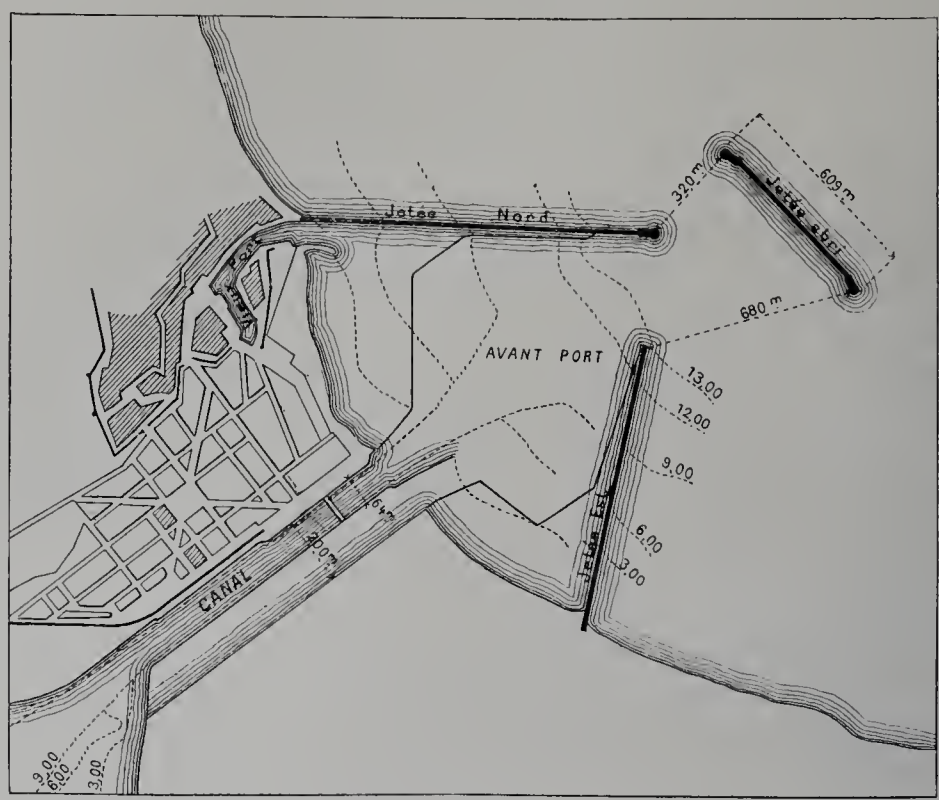


Fig. 66. — Port de Bizerte.

Ces travaux, estimés 8,600,000 francs, ont été confiés à MM. Hersent et sont en cours d'exécution.

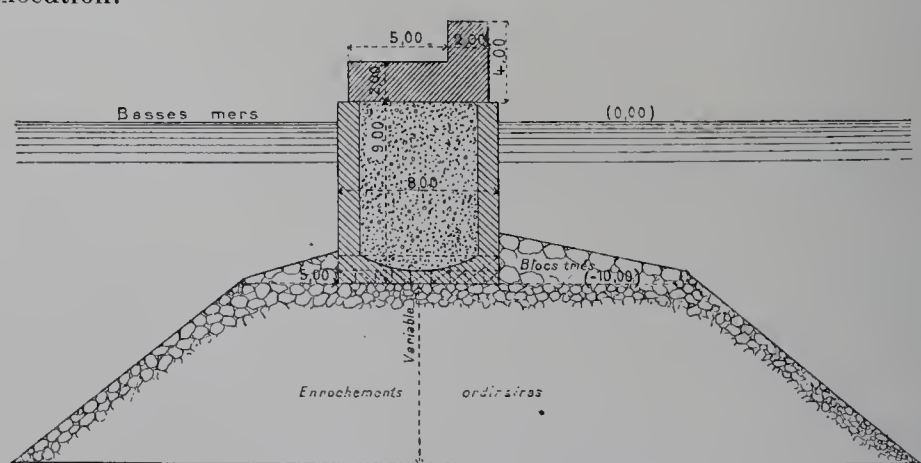


Fig. 67. — Port de Bizerte. Coupe de la jetée.

L'allongement de la jetée Nord et la construction du môle s'exécutent selon un même système, comportant : 1° un massif de soubassement en enrochements ordinaires, arasé à la cote — 7 m. 50 et offrant en couronne une largeur de 23 mètres; 2° une digue composée de blocs artificiels de 30 mètres de longueur sur 8 mètres d'épaisseur et 9 mètres de hauteur, cubant chacun 2,160 mètres cubes et pesant 5,000 tonnes, superposée au soubassement et portant un massif maçonné arasé à la cote + 2 m. 95.

Les blocs artificiels sont exécutés à l'aide d'une carcasse métallique, munie de hausses mobiles. Le fond, l'enveloppe extérieure et les cloisons transversales sont revêtus en maçonnerie de moellons; après quoi on met à flot cette sorte de caisson, on l'amène en place et on en fait un bloc en le remplissant de béton. Ce procédé avait été mis en œuvre à Lisbonne dès 1888.

Les travaux pour l'arsenal de Sidi-Abdallah, au fond du lac de Bizerte, évalués à 4 millions, consistent dans la création d'un bassin de 930 mètres de longueur sur 570 mètres de largeur, entouré de digues, de quais et de terre-pleins, et dans l'approfondissement à 10 mètres sous les basses mers, d'une partie de ce bassin et du chenal d'accès. Les jetées sont exécutées en enrochements et en maçonneries; les murs de quai, accostables, en blocs factices superposés. Les travaux, entrepris en octobre 1897, sont exécutés en grande partie.

Port de Dakar (Sénégal). — Les travaux, entrepris à partir de janvier 1899, consistent dans le prolongement sur 150 mètres de la jetée actuelle; la construction,

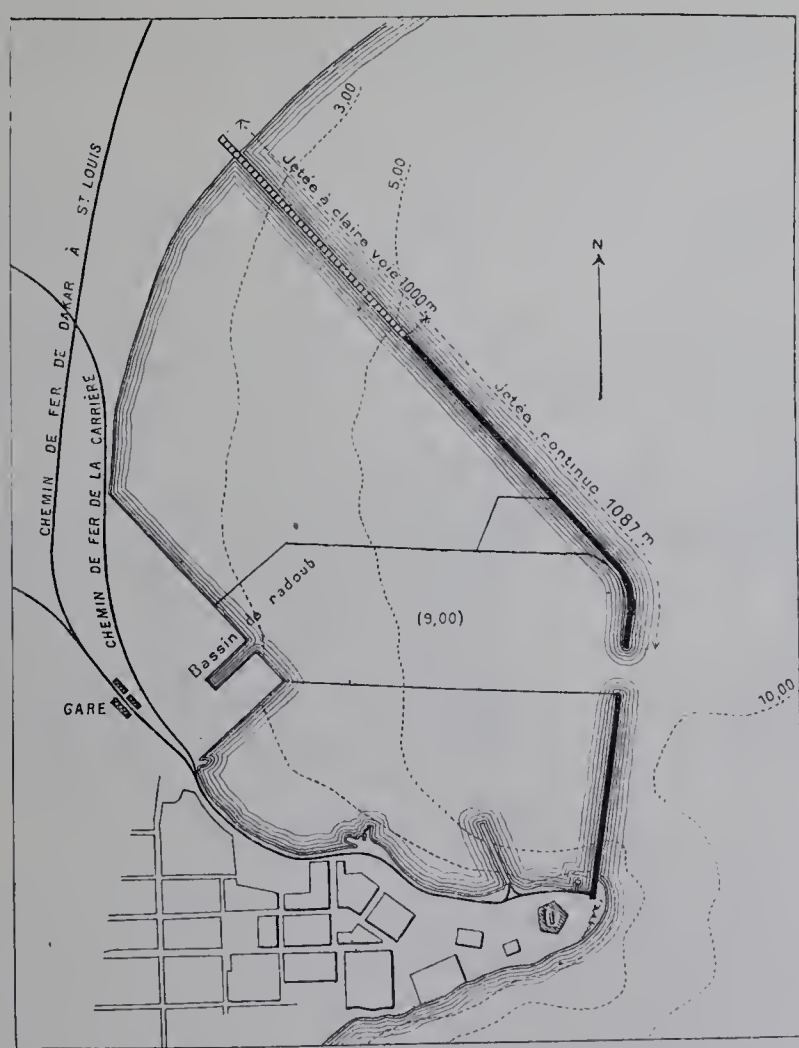


Fig. 68, — Port de Dakar.

au nord du port, d'une jetée de 2,087 mètres, à claire-voie sur 1,000 mètres à partir de son enracinement; le dragage du port, à la cote —9 mètres, sur 50 hectares; la

IMPRIMERIE NATIONALE.

construction d'un bassin de radoub de 185 mètres sur 25 mètres; la constitution d'un terre-plein de plusieurs hectares de part et d'autre de cette forme de radoub. Ces travaux sont évalués à 12 millions. La mer n'étant pas forte à Dakar, les jetées sont formées d'enrochements arasés à la cote — 3 mètres et surmontés dans les jetées continues de trois assises de blocs de 16 mètres cubes (40 tonnes), formant une hauteur totale de 6 mètres avec une épaisseur de 3 m. 50. Les blocs construits sur la berge y sont saisis par une mâture flottante de 50 tonnes, qui les embarque sur un ponton et les met en place.

Port de Philippeville (Algérie). — Depuis 1893, la jetée Nord a été allongée de 225 mètres par des fonds de 19 et de 20 mètres. Le noyau a été fait, comme auparavant, par des blocs naturels de diverses catégories, pesant jusqu'à 12 tonnes dans l'enveloppe extérieure. Les blocs artificiels de 15 mètres cubes, pesant 38 tonnes, du revêtement, ont été fabriqués à terre et mis en place par une mâture flottante de 45 tonnes. La dépense a été de 2,500,000 francs.

Port d'Anvers. Construction de 2,000 mètres de nouveaux quais au Sud de la ville. — Ce travail, évalué 12 millions, adjugé en septembre 1897, comporte,

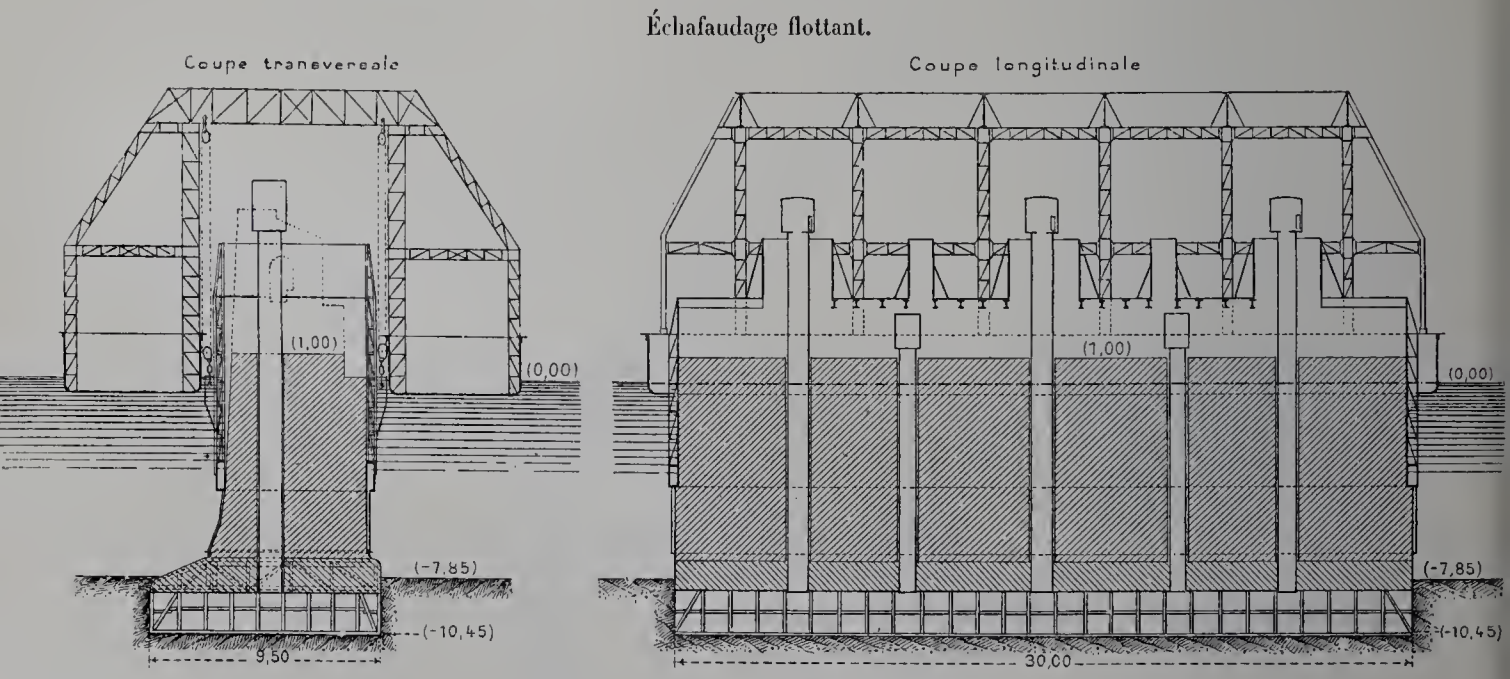


Fig. 69. — Port d'Anvers. Murs de quais.

comme pour les anciens quais d'Anvers et pour ceux de Bordeaux, l'emploi de caissons à hausses démontables, surmontées d'un batardeau mobile en tôle. Les caissons mesurent 30 mètres de longueur, 9 m. 50 de largeur et 3 m. 10 de hauteur. On les fonce à 12 mètres au-dessous du zéro et on les remplit de béton, le mur de quai se construit à l'air libre, à l'abri du batardeau mobile, jusqu'à 1 mètre au-dessus de la basse mer. Ce mur a 5 m. 80 d'épaisseur à la base. Pour en accroître la stabilité, on l'a mis en recul de 2 m. 50 par rapport à la face antérieure du caisson. La hauteur

totale de la construction atteint 18 m. 80. Les tronçons de 30 mètres, successivement construits, sont réunis entre eux par des joints en béton, immergés dans l'eau entre deux panneaux.

Port de Bordeaux. Construction de 1,500 mètres de murs de quai. — Les travaux, exécutés de 1891 à 1895, ont coûté, y compris quelques ouvrages accessoires, 5,500,000 francs. Ces murs de quai consistent en piles réunies par des voûtes de 12 mètres d'ouverture et de 2 mètres de flèche, construites au-dessus des basses mers. On les a exécutés sur des cintres flottants, pouvant flotter ou reposer sur des poutrelles métalliques par l'intermédiaire de coins que l'on enlevait pour décintrer. Les voûtes de la cale du Médoc, devant être complètement noyées à basse mer, on les a exécutées à la façon des linteaux du port de Lisbonne, dans une caisse métallique dénommée *linteau*, dont le fond portait un cintre en chaux hydraulique du Theil. Le linteau était surmonté de hausses mobiles qu'on enlevait après la mise en place de la voûte.

Port de Dunkerque. Construction de 1,000 mètres de murs de quai dans les bassins de Freycinet et du Commerce. — Ce travail, d'une valeur de 1,200,000 fr., a été exécuté de 1887 à 1891, au moyen de caissons métalliques de 30 mètres sur 5 m. 20, foncés, à l'air comprimé, à 12 mètres de profondeur. Des panneaux mobiles, formant batardeau, permettaient de lester le caisson avec de la maçonnerie. Les joints entre les caissons ont été exécutés au moyen de béton coulé entre des panneaux amovibles.

Port de Toulon. Construction du troisième bassin de radoub de Missiessy. — D'après le marché primitif, conclu le 24 juillet 1894, le bassin, d'une longueur utile de 150 mètres, devait être construit dans un seul caisson métallique mesurant 160 m. 80 sur 41 mètres, soit 6,500 mètres superficiels (c'est le plus grand caisson exécuté jusqu'à ce jour). Ce projet était en exécution depuis plusieurs mois, quand l'Administration de la Marine décida de porter la longueur utile à 175 mètres.

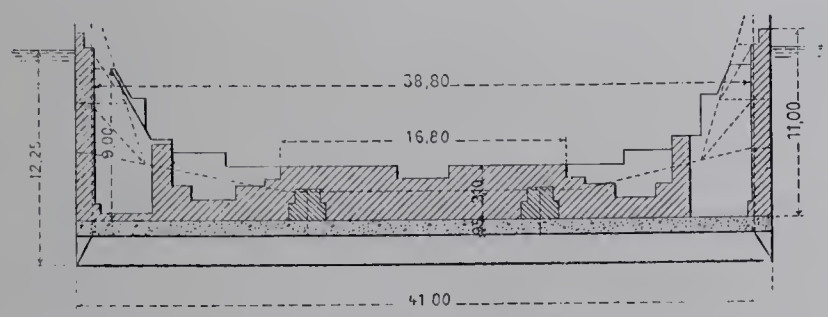


Fig. 70. — Port de Toulon. Troisième bassin de Missiessy. Coupe en travers.

L'allongement de 25 mètres fut obtenu par l'addition d'un second caisson mesurant 1,000 mètres superficiels, réuni au premier par un joint en maçonnerie. La largeur de l'entrée est de 25 mètres, la cote du seuil est — 9 m. 30 et la cote d'échouage du caisson est — 15 m. 90.

Le grand caisson, monté dans une fouille faite exprès, puis remorqué le long d'un quai par des fonds de 9 m. 50, a été lesté au-dessus de la chambre de travail avec du béton de ciment, puis avec de la maçonnerie, en ayant soin que l'enfoncement fût régulier. Au fur et à mesure que cet enfoncement se produisait, on ajoutait sur les parois des hausses en tôle, consolidées par des contre-fiches en fer et des contreforts en maçonnerie. Sur le petit côté, où devait être l'entrée du bassin, on boulonna un batardeau métallique. Lorsque le grand caisson cala 8 mètres et contint près de 20,000 mètres cubes de maçonnerie, on le remorqua à son emplacement définitif, dans la fouille draguée, et on continua l'exécution des maçonneries pendant que s'opérait le fonçage. Quand celui-ci fut complet, on bétonna la chambre de travail. Quelques semaines plus tard, le petit caisson était, à son tour, foncé et garni. Il restait à faire le joint sur 1 m. 20 de largeur, 45 mètres de longueur et 17 mètres de hauteur. On y parvint en nettoyant le fond, fermant par côtés avec des panneaux verticaux, coulant du béton de ciment dans le fond et achevant le travail à l'air libre, après épuisement. Pour bien unir les deux maçonneries, on y pratiqua des arrachements et on recoupa les têtes des hausses.

Le travail, terminé le 19 septembre 1898, 70 jours avant le délai fixé, a coûté 5,322,683 francs, chiffre inférieur à celui du projet.

Kessler et Cie, à Argenteuil (Seine-et-Oise). — Parmi les nombreux ouvrages exposés par cette importante maison de construction, quelques-uns ont déjà été décrits. Ce sont : le *caisson mobile pour le port de Saint-Nazaire* (Ministère des travaux publics), le *pont de Nogent-sur-Marne* (Département de la Seine), le *hall de la gare d'Arras* (Compagnie du Nord), et le *pont du boulevard de la Chapelle* (Compagnie de l'Est).

Nous mentionnerons ensuite les suivants :

Le **pont Lépine, à Paris** (1897). — Une travée (à poutres semi-paraboliques et à grands croisillons) de 43 m. 90 de longueur sur 15 mètres de largeur, pesant 400 tonnes.

Le **pont d'Ainay, à Lyon** (1898-1899). — Trois arches en fonte, dont une centrale de 39 mètres, et deux latérales de 35 mètres, pesant 800 tonnes.

Les **ponts de Tourville et d'Oissel, sur la Seine** (Chemins de fer de l'Ouest), construits de 1893 à 1895, et composés de trois travées solidaires, dont deux de rive, de 66 mètres, et une centrale, de 52 mètres, pesant ensemble 4,000 tonnes.

Restent deux ouvrages plus notables que les précédents, sur lesquels nous nous arrêterons.

Pont sur le Nil, à Dessouk (Chemins de fer égyptiens). — Ce grand ouvrage, adjugé à la suite d'un concours, a été construit de 1895 à 1898, pour un chemin de fer à une voie. Sa longueur totale est de 1,025 mètres, y compris les digues qui le divisent en deux parties. Du côté Rahmanieh sont quatre travées solidaires, mesurant ensemble 255 mètres. Du côté Dessouk, un tablier semblable, de 255 mètres en quatre

travées solidaires, se rattache à la rive par un grand pont tournant de 65 mètres de longueur totale, continué par une travée indépendante de 44 mètres. Les poutres sont à treillis, avec 7 m. 50 de hauteur. Le poids total de l'ouvrage est de 2,000 tonnes, y compris 400 tonnes de caissons pour les fondations, effectuées à l'air comprimé, et descendues à la cote (— 22).

Pont Faidherbe, à Saint-Louis (Sénégal). — Cet ouvrage construit en remplacement d'un ancien pont en bois, bâti en 1865, par le général Faidherbe, pour relier la ville de

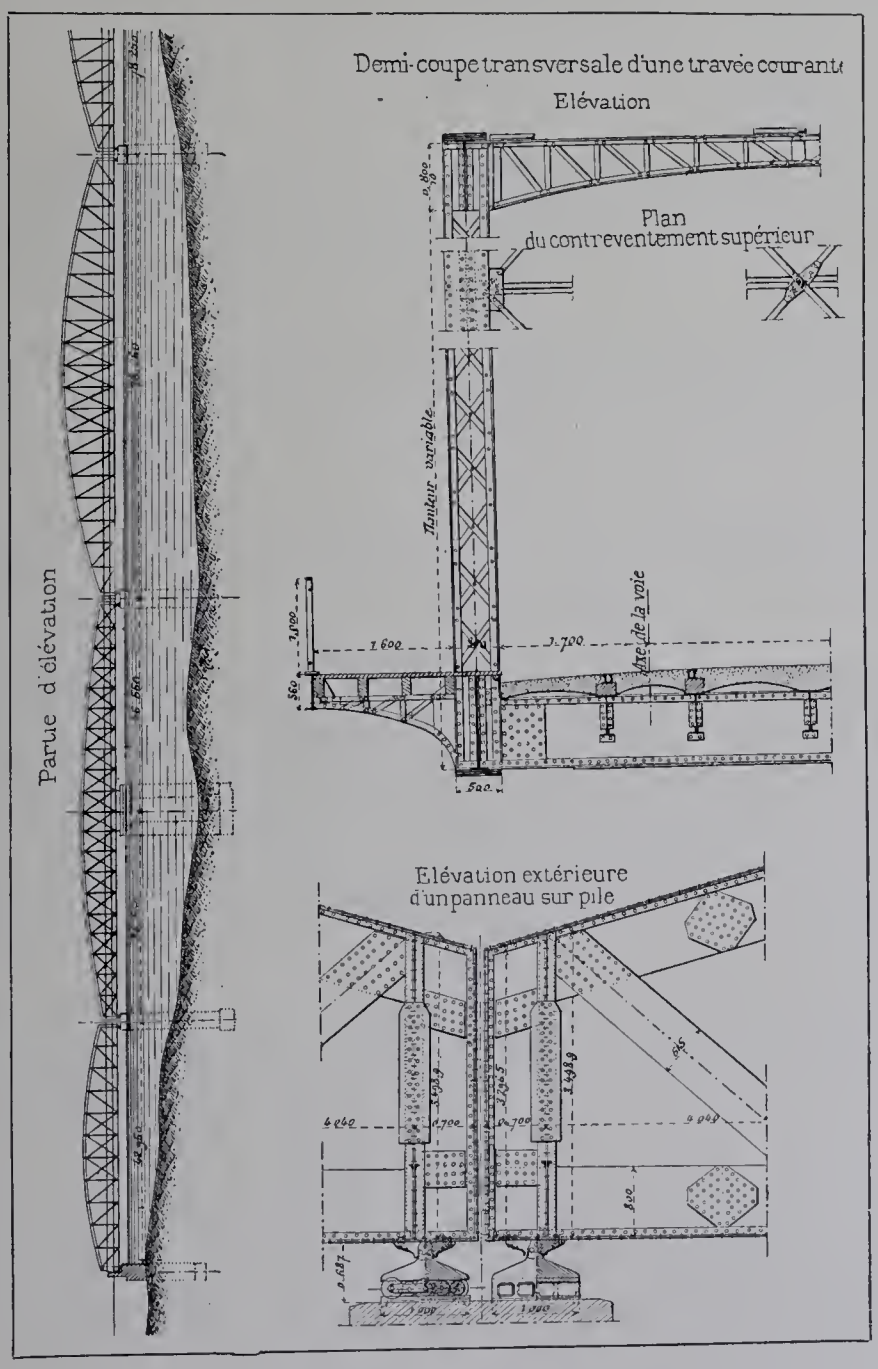


Fig. 71. — Le nouveau pont Faidherbe, à Saint-Louis (Sénégal).

Saint-Louis au continent, a été adjugé, le 7 mai 1894, à MM. Nouguier, Kessler et Cie, au prix forfaitaire de 1,880,000 francs, moyennant un délai d'exécution de trois années.

La largeur de 7 mètres entre les poutres est occupée par une chaussée, avec voie ferrée d'un mètre sur un côté. Deux trottoirs de 1 m. 60, pour piétons, font saillie à l'extérieur. La longueur totale de 508 m. 30 comprend, à partir de la culée Saint-Louis, une travée de 42 m. 90; un pont tournant à double volée de 71 m. 50, laissant à la navigation deux passes de 30 mètres; enfin, cinq travées de 77 mètres.

Les poutres de tête des cinq grandes travées, espacées d'axe en axe de 7 m. 50, sont du type semi-parabolique, avec croisillons en N: elles mesurent 9 mètres de hauteur au milieu et 3 m. 50 aux extrémités. La petite travée est semblable aux grandes, avec 6 m. 20 de hauteur an milieu et 3 m. 40 aux extrémités. Il en est de même pour les poutres du pont tournant, sauf que le treillis est à croix de Saint-André. Ce pont tourne autour d'un pivot central, en roulant sur des galets de 0 m. 40 de diamètre. Toutes les parties sont en acier doux laminé. Les piles et culées métalliques, construites en maçonnerie, ont été, sauf la culée Sor, établie sur pilotis, fondées à l'air comprimé sur des caissons métalliques, descendus au plus à 20 mètres an-dessous des eaux moyennes.

Des modifications au projet primitif ont élevé le prix de l'ouvrage à 1,950,000 francs, soit à 3,826 francs par mètre courant. Le poids total du métal est de 2,060,285 kilogrammes. Les travaux ont été achevés avant le terme fixé. L'inauguration a eu lieu le 19 octobre 1897.

Collaborateurs principaux : MM. Robichon, ingénieur des ateliers et des travaux; Aragon, chef du bureau des études.

Labat, à Bordeaux. — Le système de cale de halage en travers, ou slip en travers, imaginé par M. Labat, et pour la première fois appliqué par lui à l'usage des grands navires, d'abord à Bordeaux, puis à Fou-Tchéou, à Rouen et à Nantes, offre, par rapport aux autres instruments de radoub, les avantages suivants : il est beaucoup moins coûteux que le bassin de radoub; il n'exige pas, comme le dock flottant, un fort tirant d'eau supplémentaire; enfin, il est moins encombrant et il fatigue moins le navire que la cale de halage en long.

Le slip en travers consiste en une cale, de la longueur des plus grands bateaux à y recevoir, inclinée à 20 p. 100, sur laquelle se déplace, par roulement sur le plan incliné, un berceau d'égale longueur, portant le navire à réparer. Le roulement se fait au moyen de galets, interposés entre des rails d'acier, fixés d'une part sur la cale, et d'autre part sous le berceau mobile. L'espacement des cours de rail, uniformément distribués sur la longueur du slip, est d'environ deux mètres. La traction opérée par l'intermédiaire de poulies et d'un câble, dit *compensateur,* parce qu'il égalise les tensions, est produite à l'aide de chaînes, en nombre égal à celui des intervalles entre les cours de rails. Un même arbre, actionné par une machine à vapeur, détermine, à l'aide d'engrenages, le mouvement simultané de toutes les chaînes.

Le slip en travers de Rouen, construit de 1887 à 1889, mesure 90 mètres de

longueur de cale et peut recevoir des navires de 95 mètres, pesant 1,800 tonnes. La course du berceau est de 36 m. 50, correspondant à une élévation verticale de 7 m. 16; elle peut être parcourue en 5 heures, 3 heures et demie ou 2 heures, suivant que, eu égard au poids du navire, on embraye la machinerie à la petite, à la moyenne ou à la grande vitesse.

La machine à vapeur est de 40 chevaux. La dépense, traitée à forfait, monte à 700,000 francs.

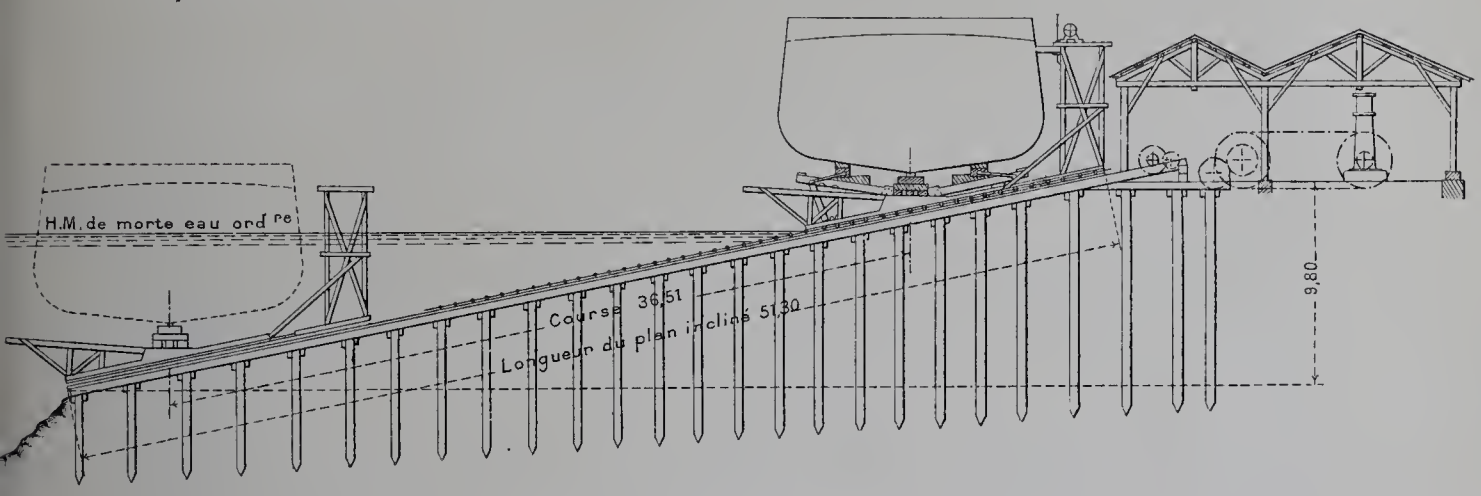


Fig. 72. — Port de Rouen. Slip en travers.

Le slip en travers de Nantes, construit de 1894 à 1896, offre les mêmes dispositions et les mêmes dimensions, à la hauteur près qui est de 11 m. 80, donnant lieu pour le berceau à une course de 54 mètres.

Le battage et le moisage des pieux, soutenant les longrines du plan incliné, ont été opérés, au-dessous du niveau des basses mers, au moyen d'un appareil très ingénieux, inventé par M. Labat, et consistant en une sorte de caisson, à section circulaire et à double paroi, garni de tubes pour le passage des pieux, qui permet de battre régulièrement ces pieux et de les moiser sous l'eau, sans avoir recours à l'air comprimé.

Magnard et Cie, à Fourchambault (Nièvre). — L'usine de Fourchambault, qui a exécuté autrefois la plupart des grands ponts en fonte existant en France, expose un certain nombre d'ouvrages en tôle.

Viaduc de Mars, sur la ligne de Vendes à Mauriac, à voie unique supérieure, comprenant quatre travées franchies par des poutres droites en acier, solidaires, à treillis quadruple, sans montants, sauf sur les appuis. Chacune des deux travées intermédiaires mesure, d'axe en axe des appuis, 59 m. 40, et chacune des travées extrêmes, 43 m. 20. La longueur totale des poutres est de 206 m. 10; leur écartement est de 5 mètres.

Les piles et les culées sont en maçonnerie. La largeur des piles sous le cordon est de 3 m. 056. La hauteur du rail au-dessus du thalweg atteint 52 m. 45.

La superstructure métallique pèse 520,6 tonnes. Elle a été montée sur échafaudage en 1892.

Viaduc de la Sumène, sur la ligne de Vendes à Mauriac, à voie unique supérieure, comprenant cinq travées, franchies par des poutres droites en acier, solidaires, à treillis quadruple, sans montants, sauf sur les appuis. Chacune des trois travées intermédiaires mesure, d'axe en axe des appuis, 78 mètres, et chacune des travées extrêmes, 66 mètres. La longueur totale des poutres est de 366 m. 80; leur écartement est de 5 mètres.

Les piles et les culées sont en maçonnerie. La largeur des piles sous le cordon est de 3 m. 46. La hauteur du rail au-dessus du thalweg atteint 45 m. 60.

La superstructure métallique pèse 998,9 tonnes. Elle a été montée sur échafaudage en 1892.

Pont de la rue Bouthier, à Bordeaux (1894-1895). — Tablier métallique de 218 m. 42 de longueur, en seize travées, mesurant 10 mètres de largeur entre garde-corps, et pesant 126,8 tonnes, établi par-dessus la gare Saint-Jean.

Ponts-routes de Mirabel, dans la Drôme (1894, longueur totale, 61 m. 84; poids du métal, 199,6 tonnes) et **du Thoronet, dans le Var** (1899, ouverture, 33 m. 40; poids du métal, 61,2 tonnes), construits avec poutres de tête paraboliques à treillis en N.

Michon, à Paris. — M. Michon a exécuté d'importants travaux de chemins de fer, de canalisation de rivières et d'adduction d'eau. Il est en outre concessionnaire de plusieurs lignes de chemin de fer d'intérêt local dans les départements du Nord, de l'Aisne et de la Somme. Parmi les travaux, les uns terminés, les autres en cours d'exécution, qu'il a entrepris depuis 1889, nous mentionnerons les suivants :

Adduction des eaux de l'Avre à Paris (1891-1895). — Exécution d'un lot de 18 kilomètres, comprenant 3,2 kilomètres de souterrains, parfois très difficiles, et un viaduc de 200 mètres de longueur. Montant de l'entreprise : 3,250,000 francs.

Chemin de fer d'Issy à Viroflay (Compagnie de l'Ouest), [1898-1900]. — Exécution difficile à raison de sujétions multiples. Dépense : 1,700,000 francs.

Ligne de Guise au Catelet (Aisne), concédée à M. Michon, en juillet 1898. — Longueur, 40 kilomètres; voie de 1 mètre. Viaduc avec tablier métallique de 59 mètres, sur le canal de la Sambre à l'Oise. Dépense : 2,770,000 francs.

Moisant, Laurent, Savey et Cie, à Paris. — Le tonnage de la production de la maison Moisant, Laurent, Savey et Cie, qui avait été de 34,400 tonnes, entre 1866, date de la fondation de la maison, et 1878, puis de 82,290 tonnes entre 1878 et 1889, s'est élevé à 100,340 tonnes entre 1889 et 1900. Plusieurs des grands ouvrages con-

struits par cette maison ont déjà été décrits. Ce sont : le tablier métallique du *pont de Cosne*, sur la Loire; les *portes d'ébe d'amont de l'écluse à sas du bassin à flot de Boulogne* (Ministère des travaux publics) et la *halle de la gare de Tours* (Compagnie du chemin de fer d'Orléans). Parmi les autres ouvrages notables exécutés par MM. Moisant, Laurent, Savey et Cie, nous rendrons compte des suivants :

Pont du Midi, sur le Rhône, à Lyon (1889-1891). — Ce grand pont, construit pour la ville de Lyon, se compose de trois arches, prenant appui, par des rotules, sur des piles et des culées en maçonnerie. Il mesure 205 m. 40 de longueur entre les culées, et 20 mètres de largeur. La largeur des piles est de 6 m. 10 à la base et de 4 mètres dans le fût, au-dessus des naissances. Chaque travée comprend huit arcs. De rotule en rotule, les arcs des travées de rive mesurent 62 m. 50 de corde et 4 m. 52 de flèche, avec un surbaissement de 1/13,6; et les arcs de la travée centrale, 68 m. 50 de corde et 5 m. 45 de flèche, avec un surbaissement de 1/12,6. Les arcs à section de double T, renforcée par une nervure centrale, régnant sur la longueur, et par des nervures normales aux semelles, ont, à la clef, 1 m. 10 de hauteur entre les semelles, et, aux naissances, 1 m. 50 de hauteur dans la travée centrale, et 1 m. 46 dans les travées de rive. Les longerons sont reliés aux arcs par des montants espacés de 2 m. 98 d'axe en axe. Toute la construction métallique est en acier, sauf les plaques de retombée des arcs, les plaques de dilatation des trottoirs, les corniches, les garde-corps et les appliques ornementales. La décoration a été traitée avec beaucoup de recherche et de goût, tant dans les ouvrages en maçonnerie que dans ceux en métal.

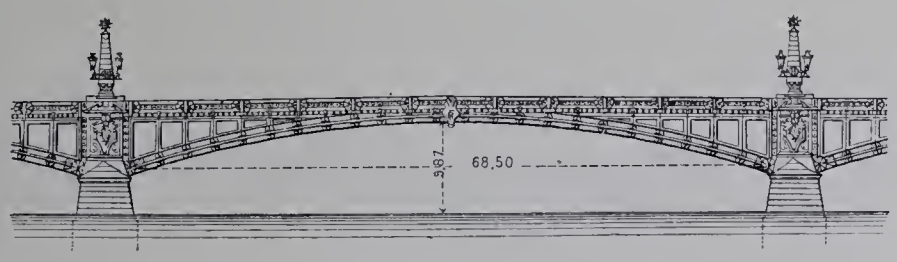


Fig. 73. — Pont du Midi, sur le Rhône, à Lyon.

Les piles et les culées sont surmontées de pyramides rostrales en pierre, ornées de motifs en fonte.

Les piles sont fondées sur caissons à l'air comprimé, à 11 mètres sous l'étiage, et les culées à l'air libre, dans des enceintes de pieux et de palplanches, à 1 m. 50 sous l'étiage. Le montage des arcs a été fait sur des cintres reposant sur des palées; on l'a exécuté, dans chaque travée, en deux moitiés successives, de manière à réduire à 4 le nombre des cintres. Le poids total du métal employé monte à 2,389 tonnes, dont 1,695 tonnes d'acier. La dépense s'est élevée à 1,964,000 francs, soit à 8,335 francs par mètre courant et à 417 francs par mètre carré de tablier.

Viaduc de Lambézellec, près Brest, sur les chemins de fer d'intérêt local du Finistère (1892). — Le tablier métallique, à poutres droites pleines, continues, de 109 m. 20

de longueur et 0 m. 90 de hauteur, espacées de 2 mètres d'axe en axe, porte à sa partie supérieure la voie ferrée de 1 mètre d'écartement entre les rails. Il repose sur deux culées en maçonnerie et sur 7 piles métalliques, espacées de 13 m. 50 et mesurant au plus 17 mètres d'élévation au-dessus des socles maçonnés. Les piles et l'une des culées sont assemblées à rotules, avec le tablier, sous chacune des poutres. Les piles affectent, dans le sens transversal, la forme d'un compas à deux branches, écartées l'une de l'autre d'environ 20 degrés, et dont chacune s'appuie par l'intermédiaire d'une rotule sur un socle spécial en maçonnerie. Les mouvements de contraction et de dilatation, déterminés par les variations de température, peuvent ainsi se produire librement.

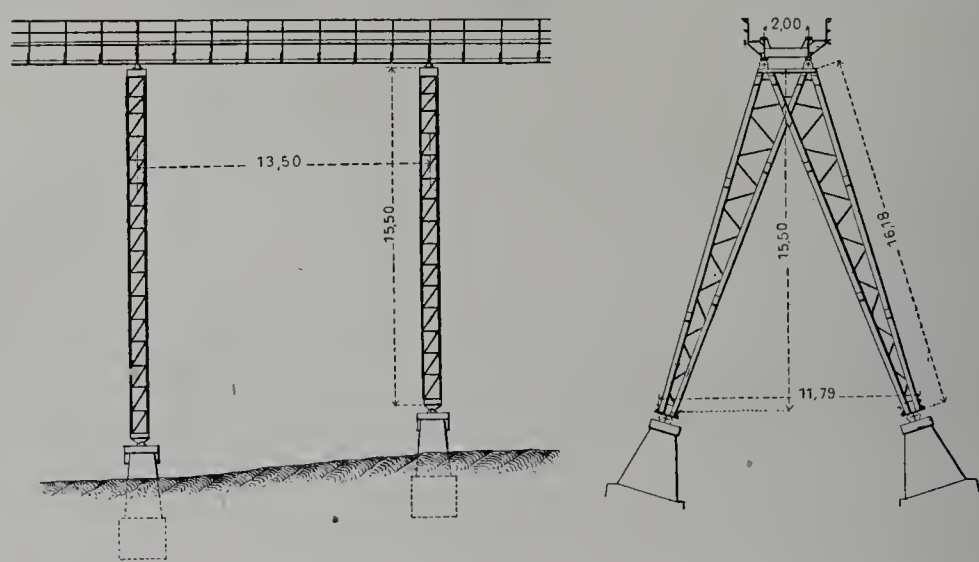


Fig. 74. — Viaduc de Lambézellec (Finistère).

En même temps, grâce à l'écartement des pieds de chaque pile, la fixité du système est assurée dans le sens transversal. Le prix de revient de ce modeste mais très intéressant ouvrage, y compris les fondations, descendues à 4 mètres de profondeur, est de 30 francs par mètre superficiel en élévation.

Pont sur le boulevard de Bercy, à Paris (Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée). — Ce pont mesure 68 m. 67 d'ouverture biaise pour 30 mètres d'ouverture droite. La double voie ferrée est portée par trois poutres droites à treillis sextuple de 81 m. 10 de longueur et 3 m. 10 de hauteur, espacées d'axe en axe de 5 m. 05 et soutenues chacune sur sa longueur par deux colonnes en fonte espacées de 39 mètres. Les pièces de pont, à âme pleine, de 0 m. 47 de hauteur, sont espacées de 2 m. 60. Entre elles et sous les rails, sont des pièces de même hauteur formant longerons. Un dispositif particulier de conduits de drainage et de tôles, formant parapluie, assure complètement l'étanchéité au-dessous du pont. Le montage a été fait de mars à juin 1895. Le poids du métal est de 876 tonnes, la dépense s'est élevée à 302,000 francs.

Pont sur la Seine à Melun (1895) **et à Montereau** (1895-1896). — Ces deux ponts, à double voie, construits pour la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée (ligne

de Corbeil à Melun et à Montereau), comportent chacun 3 travées franchies par des poutres continues à treillis. Les piles et les culées en maçonnerie sont fondées sur caissons à l'air comprimé. Les tabliers, montés sur une rive, ont été lancés par havage avec l'aide de bateaux porteurs soutenant les extrémités en porte à faux.

Le pont de Melun, à voies supérieures, mesure entre les culées 147 m. 24 d'ouverture biaise et 145 mètres d'ouverture droite, dont 54 m. 88 pour la travée centrale et 45 m. 06 pour chaque travée latérale. Chaque voie est portée par un tablier distinct, composé de 2 poutres à treillis quadruple, espacées de 2 m. 42 et hautes de 5 m. 14. Les deux poutres voisines, dans le milieu de la largeur du pont, sont espacées de 1 m. 15. Les pièces de pont, espacées de 2 m. 28, mesurent 0 m. 40 de hauteur. Le poids du métal monte à 895 tonnes, et la dépense à 350,000 francs.

Le pont de Montereau, à double voie inférieure, mesure entre les culées 140 mètres, dont 54 m. 53 pour la travée centrale et 42 m. 74 pour chaque travée latérale. Les poutres, à treillis sextuple, sont au nombre de deux, espacées de 8 m. 80 d'axe en axe et hautes de 6 m. 24. Les pièces de pont, espacées de 3 m. 635, mesurent 0 m. 75 de hauteur totale. Le poids du métal monte à 805 tonnes, et la dépense à 320,000 francs.

Reconstruction et élargissement du pont Marcadet (1890). — Ce pont franchit les voies du chemin de fer du Nord avec 61 m. 40 d'ouverture biaise moyenne et 19 m. 75 de largeur. Il est constitué par 7 poutres droites à âme pleine; deux de rive, de 0 m. 65 de hauteur, écartées de 4 m. 88 des poutres intermédiaires les plus voisines, et cinq intermédiaires, de 0 m. 80 de hauteur, écartées l'une de l'autre d'axe en axe de 2 m. 50. Chaque poutre est soutenue, entre les culées, par 4 colonnes en fonte, espacées de 12 m. 50. Trottoirs et chaussée sont supportés par des voûtes en briques. Le montage s'est effectué sur place, sans interrompre un instant la circulation des trains sous le pont, ni celle des voitures sur moitié de la largeur de l'ouvrage. Le poids du métal monte à 583 tonnes et la dépense à 210,000 francs.

Halle de la gare Saint-Charles, à Marseille (1893-1894). — La nouvelle halle de la gare des voyageurs transformée et agrandie mesure 158 m. 72 de longueur et 52 m. 92 de largeur, avec 14 m. 75 de hauteur sous le pied des arbalétriers des fermes et 26 m. 70 sous le sommet de ces arbalétriers. Les fermes, espacées de 15 m. 36, sont disposées comme des fermes à la Polonceau, à 3 contre-fiches; mais l'armature est rivetée, non articulée. Les arbalétriers sont des poutres double T, à treillis, de 0 m. 80 de hauteur. Les fermes, appuyées par l'intermédiaire de consoles, sur des piliers double T, à treillis, de 0 m. 95 de largeur entre les semelles, sont reliées entre elles par 18 cours de pannes double T, à treillis, de 0 m. 62 de hauteur, placées verticalement. L'éclairage est fourni par 8 cours de lanterneaux, 2 au sommet et 2 au bas de chaque versant. Le poids de la charpente métallique monte à 2,194 tonnes et la dépense à 970,000 francs. La halle abrite 10 voies, groupées deux par

deux. L'un des trottoirs latéraux mesure 7 mètres; les 5 autres trottoirs mesurent 5 mètres. Le trottoir frontal a 10 mètres de largeur.

Reconstruction de la gare des voyageurs du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, à Paris (1896-1898). — Ce travail comprenait la construction des bâtiments suivants, une halle de 185 mètres de longueur et 86 mètres de largeur, divisée en deux nefs de 43 mètres; la cour couverte de l'arrivée, mesurant 160 mètres sur 30 mètres, et le bâtiment de la salle des bagages à l'arrivée, mesurant 160 mètres sur 12 m. 80 : soit au total une superficie couverte de 22,758 mètres carrés.

Les fermes de la grande halle, espacées de 10 mètres, sont pareilles, avec des dimensions réduites, à celles de la gare de Marseille, précédemment décrite. Les arbalétriers ont 0 m. 70 de hauteur et les pannes 0 m. 50.

On a opéré la démolition des anciens bâtiments et le montage de la nouvelle halle à l'aide d'un échafaudage roulant ayant toute la largeur d'une nef et prolongé, du côté de la rue de Bercy, par un pont de service. Sur un chemin de roulement transversal, supporté par l'échafaudage et le pont de service, se déplaçait une grue mécanique, opérant le bardage des matériaux et le montage des charpentes. D'un côté du chemin de roulement était une plate-forme de travail établie sous les anciennes fermes et permettant leur démolition. De l'autre côté existait une plate-forme plus élevée, disposée un peu au-dessous des retombées des nouvelles fermes, et permettant de monter ces fermes et de construire complètement la couverture. Sous ces divers échafaudages étaient suspendus des parapluies étanches en tôle ondulée, mettant l'intérieur de la gare à l'abri des intempéries. Les chemins de roulement de l'échafaudage établis sur les trottoirs étaient amovibles, de manière à réduire au minimum l'encombrement des quais. Une fois la première nef complètement terminée, l'échafaudage a été ripé transversalement tout d'une pièce pour le montage de la deuxième nef. Cette opération est la seule qui ait interrompu le service. Elle s'est faite en moins d'une heure.

Le poids du métal monte à 4,200 tonnes pour la grande halle et à 8,015 tonnes pour l'ensemble des travaux neufs. La dépense totale monte à 3,100,000 francs.

Ateliers de chemins de fer :

Remises et ateliers de Tours (Compagnie d'Orléans), 438 tonnes;

Ateliers d'Hellèmes (Compagnie du Nord), 837 tonnes;

Ateliers de Villeneuve-Triage et remises annulaires (Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée), 2,294 tonnes;

Ateliers d'Épernay, 3 remises à machines à Troyes et à Noisy-le-Sec (Compagnie de l'Est), 2,628 tonnes.

Les coupoles de ces remises ont 70 mètres de diamètre et 27 mètres de hauteur. Elles sont constituées par des arbalétriers en arc, articulés à la base, allant d'une seule portée du sol à la couronne centrale et divisant la coupole en 16 secteurs. Un échafaudage, pivotant autour d'un pylône central et muni de grues mobiles à volée variable,

a été successivement employé pour les trois coupoles, qu'il a permis de monter très simplement.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs Janisson, chef du bureau des études; Lacroix et Colin, chefs de service.

Nanquette et Marlaud, à Paris. — Parmi les grands travaux exécutés par MM. Nanquette et Marlaud, soit dans Paris, soit pour l'Exposition, ceux de la nouvelle gare d'Orsay seront seuls examinés ici. Il sera rendu compte des autres plus loin.

Nouvelle gare d'Orsay, de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans. — Le projet, approuvé le 21 avril 1898, comportait l'exécution des maçonneries de trois corps de bâtiment bordant ou terminant la halle centrale sur le quai, sur la rue de Lille et sur la place Bellechasse. Les façades sont en pierre de taille. Elles sont portées par des piliers métalliques sur le quai et sur la place Bellechasse. On ne pouvait commencer les maçonneries de ces deux façades monumentales qu'après l'implantation de leurs supports, implantation subordonnée elle-même à la démolition de l'ancien palais, qui ne put être achevée qu'en août 1898. Mais, pendant qu'on opérait les démolitions et qu'on exécutait les substructures métalliques, les pierres, tirées des carrières de Souppes, de Chauvigny, de Vilhonneur et de Trie, étaient approvisionnées, taillées et étiquetées dans un chantier installé à Juvisy entre le chemin de fer, qui les amenait des carrières, et la Seine, par où elles arrivaient en bateau jusqu'au lieu d'emploi, au fur et à mesure qu'on les mettait en œuvre. Grâce à l'ordre et la célérité avec lesquels furent conduits les différents travaux, les maçonneries, commencées, sur la rue de Lille, le 1er juin 1899 et, sur le quai d'Orsay, le 1er juillet suivant, purent être terminées pour le gros œuvre en février 1900 et, pour le ravalement, au mois d'avril, à l'ouverture de l'Exposition. Le cube de la pierre de taille est d'environ 3,000 mètres. Les murs et cloisons intérieurs sont en pans de fer hourdés en briques. Le montant de l'entreprise s'élève à 2 millions et demi, auxquels il faut ajouter 250,000 francs pour le ravalement et 300,000 francs pour les sculptures d'art et d'ornement.

Pantz, à Paris. — Les travaux exécutés par M. Pantz consistent en charpentes métalliques pour usines et ateliers; il en a construit un très grand nombre en France et quelques-unes en Espagne. Ces charpentes, pour la plupart d'une faible portée, sont légères et d'une structure bien appropriée, dans chaque cas particulier, à la fonction de l'édifice. Parmi les plus importantes, citons : celles des forges de Douai, qui couvrent 3,000 mètres superficiels; celles des ateliers Clément, à Levallois-Perret, qui en couvrent 9,600; celles de l'usine Lainé et Cie, à Beauvais, qui s'étendent sur 7,700 mètres, etc.

Schneider et Cie, à Paris. — Les établissements dirigés par M. Schneider, dont la part, comme on verra plus loin (Travaux de l'Exposition), a été prépondérante dans la construction du pont Alexandre III et dont l'activité embrasse tant de travaux civils et

militaires, sont représentés, dans la Classe 29, par quelques grands ouvrages établis dans les colonies françaises et à l'étranger.

Viaduc de Malleco (Chili). — Cet ouvrage, d'une longueur totale de 347 m. 50, se compose d'un tablier métallique en poutres droites à cinq travées solidaires de 69 m. 50, appuyé sur des culées en maçonnerie et sur quatre piles métalliques. Le métal employé est

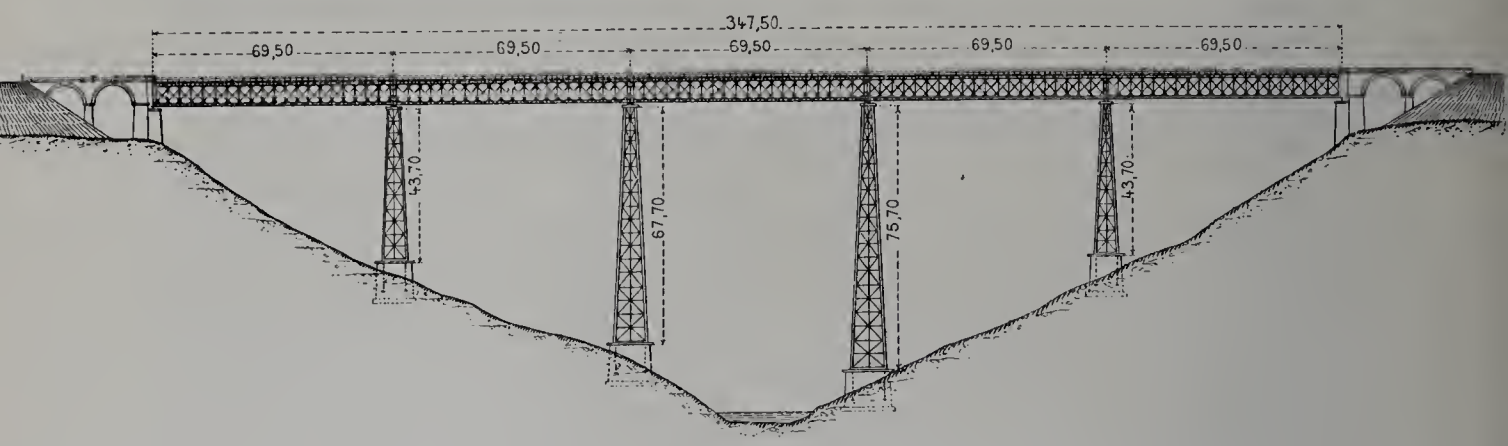


Fig. 75. — Viaduc de Malleco (Chili).

l'acier doux. Les poutres de tête, à treillis à grandes mailles, sont distantes de 4 m. 50 d'axe en axe et mesurent 7 mètres de hauteur entre les semelles. La voie ferrée, unique, est à l'écartement de 1 m. 68. Les rails, placés au sommet des poutres, s'élèvent à 100 mètres au-dessus du fond de la vallée. La mise en place du tablier a été faite par lancement, sans qu'il ait été nécessaire d'haubanner les piles. La flexion de l'extrémité du pont n'a pas dépassé 0 m. 53 au-dessous du plan général de roulement. A l'arrivée sur chaque pile, l'avant-bec était relevé, par des vérins hydrauliques de 100 tonnes, de la quantité nécessaire pour placer les nouveaux appareils de roulement devant permettre la continuation du halage. Le dernier lançage terminé, le pont fut descendu, en grand, de 26 centimètres pour reposer sur les appareils d'appui définitifs. Les travaux, commencés en 1886, ont pris fin en 1890. Le poids de la partie métallique est de 1,410,000 tonnes, dont 750,000 pour le tablier et 660,000 pour les piles.

Pont sur la Borcéa (Roumanie). — Cet ouvrage fait partie du grand pont à une voie, sur le Danube, qui relie Fetesti à Cernavoda. Sa longueur totale, de 420 mètres, est

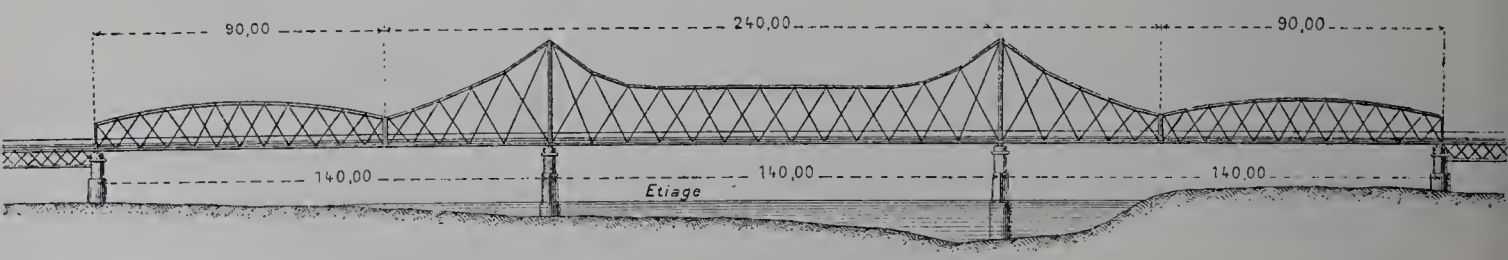


Fig. 76. — Pont sur la Borcéa (Roumanie).

partagée en trois travées égales de 140 mètres. Les dispositions du tablier sont celles du pont de Cernavoda. La travée centrale est occupée par une poutre cantilever de

240 mètres de longueur, dont les porte-à-faux de 50 mètres, prolongés de chaque côté par une poutre de jonction de 90 mètres, composent les travées de rive. La hauteur de la poutre cantilever varie de 18 mètres en son milieu à 33 mètres sur les piles. Le montage s'est fait par flottage pour les poutres semi-paraboliques des rives et par pont de service pour la poutre cantilever. De fortes pattes-d'oie formant brise-glaces protégeaient les palées du pont de service. Le poids total des aciers est de 3,620 tonnes. Le montage, commencé en juillet 1893, a été terminé en mars 1895.

Les quatre grands ponts du chemin de fer d'Hanoï à la frontière de Chine, au Tonkin. — Ces quatre ponts sont construits pour une seule voie et formés de travées indépendantes. Les tabliers, en acier doux, sont du type tubulaire avec poutres à treillis quadruple et montants contreventés horizontalement tant à la partie inférieure qu'à la partie supérieure. Les poutres mesurent 4 m. 50 de distance d'axe en axe et 5 mètres de hauteur entre les semelles. La voie (de 1 mètre) est posée sur traverses, longrines et poutrelles transversales, ces dernières correspondant aux montants. Des consoles supportent, extérieurement à chaque poutre, un trottoir de 1 m. 30 de largeur. Les travées reposent sur les maçonneries par l'intermédiaire d'appareils d'appui en fonte avec rotules en acier forgé, les uns fixes, les autres munis de chariots de dilatation. Les piles et les culées, exécutées en maçonnerie de moellons à joints incertains avec chaînes verticales et couronnement en pierre de taille, sont fondées à l'air comprimé, sur caissons métalliques.

Le *pont sur le Song-Ki-Kong, à Langson,* comprend deux travées de 45 mètres pesant 176 tonnes. Il a coûté 249,000 francs, dont 93,500 francs pour le tablier métallique.

Le *pont sur le Song-Thuong, à Phu-Lang-Thuong,* comprend deux travées de 51 mètres de portée et une travée tournante donnant deux passes de 10 mètres entre les parements des piles. Le tablier métallique pèse 275 tonnes. Ce pont a coûté 282,500 fr., dont 155,500 francs pour le tablier métallique.

Le *pont sur le Song-Cau, à Dap-Cau,* comprend trois travées de 47 mètres et une travée tournante identique à celle du pont précédent. Le tablier métallique pèse 349 tonnes. La dépense s'est élevée à 465,500 francs, dont 195,000 francs pour le tablier métallique.

Le *pont sur le canal des Rapides* comprend quatre travées biaises de 43 m. 80 de portée et une travée tournante centrale donnant deux passes de 20 mètres d'ouverture entre les parements des piles. Les fondations des piles sont descendues à 22 mètres au-dessous de l'étiage. Le tablier métallique pèse 432 tonnes. La dépense se monte à 880,700 francs, dont 246,700 francs pour le tablier métallique.

Le poids total du métal employé dans les caissons de fondation des quatre ouvrages est de 413 tonnes.

Les appareils de rotation des trois travées tournantes consistent en deux couronnes en fonte entre lesquelles roulent des galets en fonte tronconiques réunis par des bras à

un moyeu fou sur l'axe de centrage. Le mouvement est donné par deux cabestans fixés sur le tablier.

Les travaux, commencés à la fin de 1896, ont été complètement terminés à la fin de 1898.

Pont-route de Hué, en Annam. — Cet ouvrage, construit aux frais du gouvernement de l'Annam, pour donner passage à la route de Tourane à Hué et relier la ville annamite à la ville européenne, mesure 400 mètres de longueur entre les parements des culées et comprend six travées indépendantes en acier extradoux, de 66 mètres de portée, appuyées sur des piles et des culées en maçonnerie, par l'intermédiaire d'appareils d'appui en fonte avec rotules en acier, les uns fixes, les autres munis de chariots de dilatation. Piles et culées sont fondées sur des caissons en fer foncés à l'air comprimé. Les poutres de tête, du type semi-parabolique, triangulées en N, mesurent 7 mètres de hauteur au milieu de la portée et 3 mètres sur les appuis. Elles sont distantes de 6 m. 55 d'axe en axe, laissant entre elles un espace libre de 6 mètres occupé par une chaussée de 4 m. 50 et par deux trottoirs de 0 m. 75.

Le poids total du tablier est de 570 tonnes et celui des caissons de fondation de 100 tonnes. La dépense prévue au projet monte à 724,000 francs, dont 420,000 pour le tablier métallique. Les travaux, commencés à la fin de 1897, ont été complètement terminés en novembre 1900.

Ponts sur les lignes en construction de Hanoï à Haïphong et de Hanoï à Viétri. — MM. Schneider et Cie viennent d'être déclarés adjudicaires (février 1900) de trois grands ponts sur la ligne de Hanoï à Haïphong, et de deux grands ponts sur la ligne de Hanoï à Viétri. Les piles et les culées de ces ouvrages, construites en maçonnerie, sont fondées sur caissons à l'air comprimé. Les tabliers métalliques sont de deux types: poutres droites tubulaires pour deux ponts; travées semi-paraboliques pour les trois autres. Le plus important de ces ponts, qui franchit le Taï-Binh sur la ligne Hanoï-Haïphong, mesure 380 mètres entre les culées et se compose de cinq travées semi-paraboliques de 75 m. 20 de portée.

Ponts de campagne et ponts légers du système du colonel Pfund. — Ces ponts se construisent sans embarcations depuis l'une des rives d'un cours d'eau. Ils se composent de chevalets articulés soutenant des portions de tabliers, préparées à l'avance ou exécutées sur place avec les matériaux dont on dispose. La partie originale du système consiste dans les chevalets articulés qui se composent d'un axe horizontal porté à chaque extrémité par deux baguettes ou pointelles en acier, mobiles dans des douilles tournant autour de l'axe. Ces pointelles forment ainsi des tiges dont l'inclinaison et la longueur inférieure sont variables; on les fixe dans une position déterminée en serrant les douilles. Pour établir le pont, on fait avancer les portions de tablier par une suite de porte-à-faux, en les soutenant successivement par les chevalets, dont les baguettes exécutent pendant cette manœuvre à peu près les mouvements des jambes d'un homme pendant la marche.

Collaborateurs principaux : MM. Schmidt, directeur des ateliers de Chalon; Rochebois, ingénieur chef d'études (ponts de la Borcéa, de Hué, du canal des Rapides, viaduc de Malleco); Laferté, ingénieur sous-chef d'études (caissons et ponts de l'Indo-Chine); Peyrot, ingénieur (phares de Madagascar, pavillon du Creusot à l'Exposition); Fontaine, contremaître (montage des ponts sur la Borcéa, Morand, Alexandre III).

Société anonyme des ateliers de construction, forges et fonderies d'Hautmont (Nord). — L'usine d'Hautmont comprend, entre autres ateliers, un atelier de construction pour ponts, charpentes, etc., qui lui permet de produire par mois 600 à 700 tonnes d'ouvrages métalliques de toute espèce.

Parmi les constructions qu'elle a livrées dans les dernières années, nous avons déjà rendu compte des quatre ponts principaux exécutés pour les chemins de fer départementaux de la Sarthe : *pont en X, au Mans; pont de Fillé, pont de Saint-Georges, viaduc de Dehault* (Ministère des travaux publics, chemins de fer départementaux de la Sarthe).

Signalons encore les ouvrages suivants :

Gare maritime de Calais (1888-1891). — Dimensions de la halle : 88 mètres sur 16 m. 60. Poids total du métal : 203 tonnes. Dépense totale : 140,000 francs.

Hangars de la Chambre de commerce, à Dunkerque (1890-1891). — Ces hangars sont au nombre de six. Deux d'entre eux, établis sur le môle n° 1 des bassins Freycinet, mesurent chacun 120 mètres de longueur sur 25 m. 40 de largeur; les quatre autres, établis sur le môle n° 2, mesurent chacun 120 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur. La charpente est composée de fermes sans tirants, du système de Dion. La superficie couverte est de 20,496 mètres carrés. Le poids du métal monte à 1,857 tonnes et la dépense atteint 1,188,000 francs, soit 58 francs par mètre superficiel.

Bateau-porte de la forme de Radoub, à Dieppe (1894-1895). — Longueur au bordé horizontal supérieur, 24 m. 82; longueur du dessous de la quille, 18 m. 40; hauteur, 9 m. 64; épaisseur, 5 m. 20; poids du métal, 256 tonnes; dépense à l'entreprise, 120,000 francs. Dépense totale : 139,000 francs.

Société anonyme des forges et chantiers de la Méditerranée, à Paris. — Ce grand établissement de constructions maritimes a exécuté, depuis 1889, d'importants travaux pour l'outillage des ports, notamment 4 pontons-bigues ou mâtures de 50 tonnes, dont 3 pour le Japon, 1 dock flottant pour le Mexique, et 3 appareils d'épuisement pour les bassins à flot des ports de la Pallice (1892), de Dieppe (1894) et de Brest (1899). La société a borné son exposition à celle de ces trois derniers appareils. Ceux-ci se composent de pompes centrifuges à axe vertical (au nombre de 3 à Brest, de 2 à la Pallice et à Dieppe) actionnées chacune directement par une machine horizontale à triple expansion, de manière à supprimer tout intermédiaire de courroies ou d'engrenages pour la transmission de la force motrice. Les manivelles des trois cylindres sont calées à 120 degrés d'écartement l'une par rapport à l'autre. La vitesse de rotation est de 250 tours à la minute. La consommation de charbon a été réduite à 650 grammes par

IMPRIMERIE NATIONALE.

cheval et par heure. Lorsque l'épuisement du bassin est terminé, son assèchement est maintenu par une ou par deux petites pompes d'entretien qui évacuent les eaux d'infiltration.

Société des forges de Franche-Comté, à Besançon. — Cet établissement de fabrication et de construction participe à l'exécution des ouvrages métalliques de travaux publics, soit en fournissant aux constructeurs des matériaux mis en œuvre par ceux-ci, soit en exécutant par lui-même des ouvrages qu'il a soumissionnés.

Nous citerons parmi ces derniers : les *portes d'écluses à la mer du port du Tréport*, le *pont sur le Paillon à Nice*, la charpente métallique de la *gare de Cannes* et de l'*atelier des machines de l'arsenal de Toulon*, le *bateau-porte du bassin à flot de Bordeaux*, les *portes d'écluses des canaux du Centre et de Bourgogne*.

Le *pont Barla*, sur le Paillon, à Nice (1898-1899), construit en acier laminé, légèrement biais, mesure 70 m. 40 d'ouverture entre les culées et 14 m. 50 de largeur entre les axes des garde-corps. Eu égard à la hauteur très restreinte (1 mètre) dont on disposait entre le niveau des plus fortes crues et celui de la chaussée, on a formé le pont de 3 travées de 22 m. 20 d'ouverture, franchies chacune par 6 poutres droites intermédiaires, à âmes pleines, de 70 centimètres de hauteur et par 2 poutres de rive croisillonnées, qu'on a courbées en arc de cercle à l'intrados, et orné de rosaces en fonte, en vue de produire un meilleur effet décoratif. Les piles et les culées en pierres de taille, les corniches et les garde-corps sont traités avec la même recherche. Le poids du métal est de 500 tonnes.

Société de construction des Batignolles, à Paris. — La Société de construction des Batignolles, qui avait déjà obtenu au concours la construction du plus grand viaduc métallique français, le *viaduc du Viaur*, précédemment décrit (Ministère des travaux publics) a été chargée de l'exécution à forfait d'un ouvrage non moins important qui se construit en Russie. Elle a borné son exposition à ce grand ouvrage.

Pont de Troïtzky, sur la Néva, à Saint-Pétersbourg. — Ce pont, situé entre les deux ponts fixes existant sur la Néva, le pont Alexandre II et le pont Nicolas, distants l'un de l'autre d'environ 4 kilomètres, mesure 480 mètres de longueur totale répartie entre sept ouvertures. Les deux premières, à partir de la rive gauche, sont franchies par les deux travées d'un pont tournant laissant chacune une passe libre de 25 m. 60. Les cinq travées suivantes, en arc de cercle très surbaissé, forment un pont fixe symétriquement distribué. Les ouvertures de ces cinq travées sont : de 97 mètres pour la travée centrale; de 53 m. 50 pour les travées extrêmes et de 76 m. 50 pour les travées intermédiaires. La flèche de la travée centrale est de 8 m. 64, ce qui donne un surbaissement de 1/11,5. La largeur du pont, égale à 17 m. 70 entre garde-corps, est occupée, dans chaque travée, par 8 fermes.

Les fermes de la travée centrale, à triple articulation, dont une à la clef et deux sur

les piles, se prolongent en porte-à-faux dans les travées intermédiaires, de manière à réduire la poussée, exercée sur les piles, par l'effet du contrepoids résultant de l'encorbellement. Les fermes des travées extrêmes de 53 m. 50, appuyées sur les piles, se prolongent aussi en porte-à-faux dans les travées intermédiaires, de telle sorte que les fermes en arc de ces travées intermédiaires sont composées chacune de deux encorbellements, joints l'un à l'autre par une portion d'arc. Cet arc de jonction est articulé avec les extrémités des encorbellements. L'ensemble de cette disposition réalise une combinaison originale des arcs équilibrés et articulés du viaduc du Viaur et du pont Mirabeau avec les poutres cantilever des ponts du Forth et de Cernavoda.

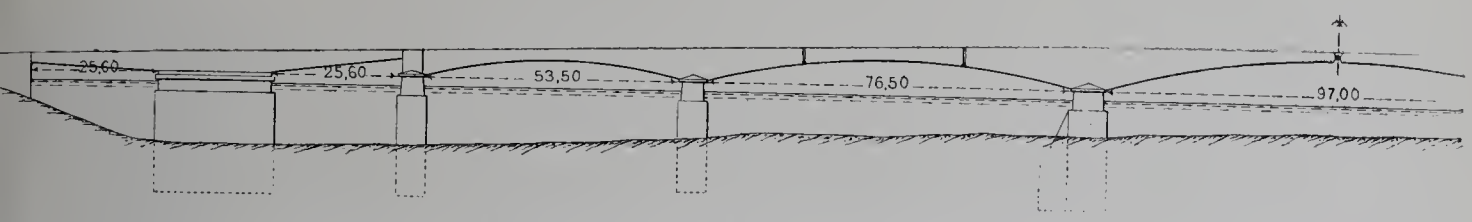


Fig. 77. — Pont de Troïtzky, sur la Néva, à Saint-Pétersbourg (Russie).

Le tablier est complètement en acier. Les piles et les culées sont en maçonnerie de moellons avec parements en pierre de taille de granit. Les culées et la première pile de rive droite sont fondées sur pilotis. Les autres piles sont fondées à l'air comprimé, à des profondeurs atteignant 23 mètres sous l'étiage.

Le prix total du pont, traité à forfait, est de 5,200,000 roubles, soit 13,866,000 francs. Le marché a été signé en août 1897. Actuellement les piles sont terminées et la superstructure métallique de la grande travée est au montage. On compte livrer le pont en 1902.

Collaborateurs principaux : M. Fouquet, administrateur délégué (études et travaux); et, pour les études et les travaux du viaduc du Viaur, MM. les ingénieurs Bodin, chef des études; Compagnon, directeur des chantiers; Godfernaux, adjoint au chef des études.

Société de construction mécanique de Levallois-Perret, à Levallois-Perret, près Paris (anciens établissements Eiffel). — Plusieurs des grands ouvrages exécutés par cette importante maison de construction ont déjà été décrits. Ce sont les *fondations et les maçonneries du pont-canal de Briare* (Ministère des travaux publics); les *ponts de Puteaux* (département de la Seine), le *viaduc de l'Oise à Conflans*, les *viaducs de Passy* et le *viaduc de Vauvray*, sur la Seine (Compagnie des chemins de fer de l'Ouest).

Nous décrirons en outre les ouvrages suivants :

Tablier métallique du viaduc de Vecchio, sur la ligne de Mezzana à Corte (Corse). — Ce tablier, à poutres droites à treillis simple, de 4 m. 80 de hauteur, est appuyé sur des piles et sur des culées en maçonnerie. Il forme trois travées, une centrale de 52 mètres et deux latérales de 44 mètres. Il a été mis en place par lançage, en 1892.

Le poids du métal est de 312 tonnes. La Société a exécuté tous les autres ouvrages métalliques de la ligne.

Pont de la porte de France, à Grenoble (1892-1893). — Ce pont, remarquable par l'élégance de son aspect et la recherche de ses formes décoratives, qui rappellent celles du pont Morand à Lyon, se compose de trois travées dont une centrale de 32 m. 20 et deux latérales de 30 m. 20. Ces travées sont franchies par des arcs en acier qui s'appuient sur des piles et sur des culées en maçonnerie, parementées en pierres de taille. La longueur totale du pont est de 100 mètres et sa largeur de 11 m. 22. Le poids du métal est de 400 tonnes, dont 50 de fonte d'ornement.

Pont de Nag-Abou-Hamadi, sur le Nil, en Égypte (1894-1897). — La construction de ce grand ouvrage a été obtenue à la suite d'un concours international, moyennant le prix forfaitaire de 1,100,000 francs. Le pont, mesurant 405 mètres de longueur, se compose de trois parties : un tablier fixe de 276 mètres, à poutres droites à grandes mailles de 7 m. 56 de hauteur, occupant cinq travées de 55 mètres; une travée tournante à deux volées inégales de 33 m. 90 et de 25 m. 80; une travée de rive fixe de 61 m. 50. La travée tournante et la travée de rive indépendante sont à poutres paraboliques. Les poutres de tête, espacées de 4 m. 70 d'axe en axe, donnent passage entre elles à une voie ferrée de 1 m. 50. Deux passages latéraux, en encorbellement, de 2 m. 50 de largeur, sont affectés aux piétons et aux bêtes de somme. Les 7 piles, dont une de 7 m. 50 de diamètre pour la travée tournante, et l'une des culées sont en maçonnerie et fondées sur caissons, à l'air comprimé. Le poids total du métal est de 971 tonnes.

Couverture métallique de la gare des Invalides, à Paris (1898-1899). — Le plancher métallique supporté par des colonnes en fonte, qui couvre presque en entier la gare des Invalides, occupe en surface environ un hectare et demi et pèse 3,800 tonnes, non compris les supports en fonte. Il a été fourni et mis en place, moitié par la Société de Levallois et moitié par la Compagnie de Fives-Lille.

Outre les travaux dont il vient d'être rendu compte, il y a lieu de mentionner encore les suivants exécutés dans les colonies françaises ou à l'étranger.

Cochinchine. — *Ponts-levis de Tanan* (1890) *et de Mytho* (1894); *Ponts sur le Rach-Doï* (1893), sur le *Rach-Tra* (1894) et sur le *Rach-Dang-Tron* (1895) caractérisés par une travée centrale parabolique de 40 mètres, construite sur la berge et amenée en place sur un chaland; *Quatre ponts sur la route coloniale n° 3* (1892-1893) avec travées marinières de 40 à 50 mètres, construites et mises en place comme il est dit ci-dessus; *pont de Binh-Dien* (1895-1896), pour le chemin de fer de Saïgon à Mytho, à trois travées paraboliques, dont une centrale de 60 mètres; *Appontements à Saïgon* (1896-1897) mesurant 164 mètres de longueur totale, formés de tabliers métalliques appuyés sur des piliers en maçonnerie ou des pieux à vis.

Soudan. — Fourniture pour le chemin de fer du Soudan (1895-1898) de 1,165 mètres de tabliers métalliques, dont celui du *pont de Mahinady*, de 400 mètres de longueur en 16 travées de 25 mètres.

Madagascar. — *Appontement de Tamatave*, en construction; mesure 300 mètres de longueur pour atteindre les fonds de 7 m. 50; formé d'une passerelle de 232 mètres de longueur sur 7 mètres de largeur, et d'un appontement de 52 mètres sur 15 mètres. Comme aux appontements de Kotonou et Grand-Bassam, précédemment décrits (Daydé et Pillé), l'ouvrage se compose d'un tablier à charpente métallique, porté par des pieux à vis.

Outre le pont sur le Nil, en Égypte, la Société de construction de Levallois-Perret a exécuté des travaux en divers pays étrangers.

Aux **îles Philippines**, plusieurs ponts-routes; en **Chine**, pour le chemin de fer impérial, 108 tabliers métalliques, représentant 1,530 mètres de longueur et un poids de 2,125 tonnes; en **Portugal**, des tabliers de ponts et des charpentes de bâtiments de chemins de fer; en **Turquie d'Asie**, plusieurs ponts, notamment le pont-route en acier du *canal de Khur*, près Bagdad, composé d'une travée unique de 50 mètres d'ouverture, à poutres paraboliques espacées de 4 m. 50 d'axe en axe.

Mentionnons, pour terminer, les ponts démontables du système Eiffel, construits par la Société, à l'usage des armées en campagne, et adoptés par divers États européens.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs Koechlin, chef du bureau des études; Caucé, chef du bureau de dessin.

Société française de constructions mécaniques, à Paris (anciens établissements Cail). — Outre le *pont de Juvisy*, précédemment décrit (Ministère de l'intérieur), la Société française de constructions mécaniques expose les ouvrages suivants, exécutés en France, dans les colonies françaises ou à l'étranger :

Tranchée couverte entre l'esplanade et le pont des Invalides, sur la ligne des Moulineaux, Cie de l'Ouest, (1897-1899). — La surface couverte, mesurant 2,140 mètres carrés, se rétrécit graduellement de 40 m. 70 à 15 m. 88 de largeur, depuis l'Esplanade jusqu'au pont des Invalides. Les poutres supportant le tablier, hautes tout au plus de 0 m. 70, à cause de l'obligation de laisser un passage libre de 4 m. 80 au-dessus du rail, sont à trois béquilles, dont une centrale et deux extrêmes, jusqu'à 23 m. 88 de portée, et à deux béquilles extrêmes pour les portées moindres. L'épaisseur des âmes est partout de 15 millimètres; la largeur des semelles varie de 0 m. 50 à 0 m. 60. Le poids total de l'ossature atteint 880 tonnes. Sa valeur est d'environ 450,000 francs.

Docks de Cambrai (1896). — Ces docks, destinés à l'emmagasinement et à l'expédition des sucres, sont formés de deux grands hangars, mesurant ensemble 6,600 mètres superficiels, disposés de part et d'autre d'une dérivation du canal. Les hangars ont,

l'un 195 et l'autre 135 mètres de longueur, avec une largeur de 20 mètres et une hauteur de 12 mètres au faîtage. L'intervalle de 13 m. 37 qui les sépare est couvert, sur une longueur de 70 mètres, par une toiture légère, abritant les bateaux. Sur les faces opposées, des appentis de 4 mètres de saillie abritent les wagons. Le poids des charpentes métalliques atteint 440 tonnes, soit 58 kilogr. 50 par mètre superficiel. La valeur en est d'environ 170,000 francs.

Pont de Barbosi, sur le Seret, en Roumanie (1895-1896). — Ce pont, pour chemin de fer à une voie, d'une longueur totale de 258 m. 20, comporte quatre travées, deux extrêmes de 63 m. 85 et deux intermédiaires de 65 m. 25. Le tablier, en acier, repose sur des piles et des culées en maçonnerie, fondées à l'air comprimé. Les poutres de tête, du type semi-parabolique, avec croisillons en N, mesurent 9 m. 11 de hauteur au milieu et 6 m. 11 aux extrémités. La distance de ces poutres, d'axe en axe, est de 5 mètres. Le poids total de la superstructure métallique est de 990 tonnes; sa valeur est d'environ 450,000 francs.

Wharf de Guanta, en Vénézuela, pour l'embarquement du combustible extrait des mines de Maricual et de Capiricual par la Société française des houillères du Neveri (1889-1890). — L'appontement, long de 295 mètres, est formé par un plancher métallique avec platelage en madriers, soutenu par des pieux à vis en fonte, plantés en quinconce à des intervalles de cinq mètres dans le sens de la longueur et sur quatre rangs, distants l'un de l'autre de 4 mètres dans le sens de la profondeur. Le poids du métal est de 1,300 tonnes, et la valeur de l'ouvrage de 665,000 francs. La Société a construit, en même temps que le wharf, les ouvrages métalliques de la ligne de 50 kilomètres de longueur qui joint les mines au port de Guanta.

La Société vient, en outre, de livrer en 1899, pour le *Soudan*, 15 travées métalliques pesant ensemble 540 tonnes. Elle fabrique, pour la ligne de Pékin à Hankow, en Chine, 99 ponts, pesant environ 1,200 tonnes et comprenant 17 travées semblables de 30 mètres.

Collaborateurs principaux : MM. Marc, ingénieur, chef des services techniques; A. Henry, ingénieur des études et travaux de charpentes métalliques; Cadoux, contremaître, chargé de la surveillance de tous les travaux de chaudronnerie.

Société des ponts et travaux en fer. — Parmi les travaux exposés par la Société des ponts et travaux en fer, quelques-uns : *pont tournant du Pollet, à Dieppe; aqueduc-siphon sous le canal de Tancarville, au Havre; viaduc sur la Loire, à Gien* (superstructure métallique); *viaduc de Lavassac* (Gard); *pont sur le Tech, à Reynès* (Pyrénées-Orientales), ont déjà été décrits dans le compte rendu de l'exposition du Ministère des travaux publics. D'autres : *hall des voyageurs de la gare de Troyes* (chemins de fer de l'Est) et *caisson du 3me bassin de radoub de Missiessy*, pesant 1,640 tonnes (Constructeurs-Hersent) ont été signalés aussi précédemment. Il reste à rendre compte des ouvrages suivants, exécutés par cette importante maison de construction.

Pont-route de Conflans, sur la Seine, entre Ivry et Charenton (1890-1892). — Cet ouvrage mesure 172 m. 50 d'ouverture entre les culées. Il comprend trois travées : une centrale de 57 m. 60 et deux latérales de 53 m. 70, occupées chacune par six fermes métalliques en arc, espacées de 2 m. 62 sous chaussée et de 2 m. 17 sous trottoirs. Les intervalles entre les arcs et les longerons sont occupés par des montants et des croix de Saint-André. Les piles et les culées, en maçonnerie, sont fondées à l'air comprimé, sur caissons descendus jusqu'à 12 m. 50 sous la retenue du barrage de Suresnes. Poids de la superstructure métallique : 825,000 kilogrammes. Montant de l'entreprise : 1,053,000 francs.

Pont d'Argenteuil, sur la Seine, pour route et aqueduc (1893-1894). — Ce pont, en acier, comprend trois arches : une centrale de 70 mètres et deux latérales de 67 mètres, appuyés sur des piles et des culées en maçonnerie. Le tablier métallique comporte cinq fermes espacées de 2 mètres d'axe en axe, entre lesquelles sont disposées quatre files de conduites d'eau, en acier, de 1 m. 10 de diamètre. Chacune de ces fermes est formée d'un arc et d'un longeron, liés l'un à l'autre, dans les tympans, par des barres en N. La route, pavée en bois, avec trottoirs en bitume, a 9 mètres de largeur. Le poids du tablier métallique monte à 1,700,000 kilogrammes. Il a coûté 626,000 francs.

Viaduc de la Siagne, sur la ligne de Draguignan à Grasse (1889-1890). — La longueur totale, de 230 mètres, du tablier en fer à voie intermédiaire, est divisée en quatre travées : deux de rive de 53 mètres et deux intermédiaires de 63 mètres, supportées par deux culées en maçonnerie et par trois piles métalliques, dont l'une mesure 31 m. 50 et les deux autres 51 m. 50 de hauteur au-dessus du socle en maçon-

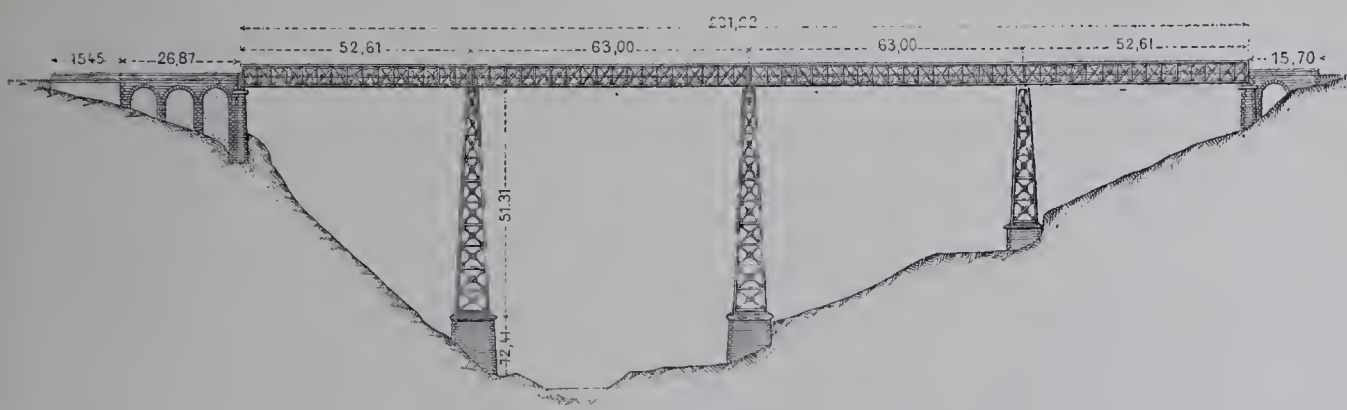


Fig. 78. — Viaduc de la Siagne (ligne de Draguignan à Grasse).

nerie. Ces piles, en forme de troncs de pyramide, sont formées chacune par quatre montants d'arête, reliés ensemble, à intervalles égaux, par des entretoises et des contreventements horizontaux; des croix de Saint-André occupent les quatre faces, dans les intervalles des divisions horizontales. Les poutres droites du tablier, espacées de 4 m. 45 d'axe en axe, mesurent 4 m. 80 de hauteur. Les semelles sont reliées l'une à l'autre par des montants et des croix de Saint-André. Poids des charpentes métalliques : 529 tonnes. Montant de l'entreprise : 536.000 francs.

Viaduc de Manda, sur le Var, sur la ligne de Grasse à Nice (1889-1890). — La longueur totale de 400 mètres est divisée en six travées indépendantes, en acier, de 61 mètres, et deux travées de décharge, en fer, de 17 mètres. Le tablier, à poutres droites, avec montants verticaux et diagonales embrassant les montants, mesure 6 m. 75 de hauteur et 5 m. 40 de distance, d'axe en axe, entre les poutres. Il porte, à sa partie supérieure, deux voies ferrées, ayant, l'une, 1 m. 44 entre rails et l'autre, intérieure à la première, 1 mètre. A la partie inférieure du tablier passe une voie charretière de 4 m. 50 de largeur libre, accompagnée de trottoirs en encorbellement. Les piles et les culées sont en maçonnerie. La superstructure métallique pèse 1,880 tonnes. Elle a coûté 915,000 francs.

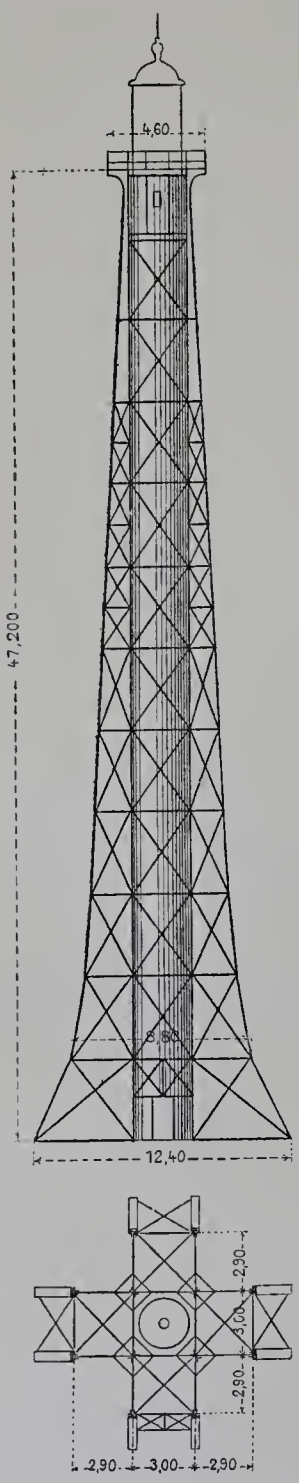


Fig. 79.
Phare de Poulo-Canton (Annam).

Pont-route sur l'Oued-Endja, en Algérie (1895-1898). — Le tablier métallique, comportant des poutres droites continues à montants verticaux et à treillis quadruple, mesure 314 mètres de longueur, 5 m. 36 de hauteur et 4 m. 40 de largeur, d'axe en axe, des poutres. Il comprend six travées, dont deux extrêmes de 44 m. 80 et quatre intermédiaires de 55 mètres, entre les axes des piles. Celles-ci sont, ainsi que les culées, construites en maçonnerie et fondées sur caissons, à l'air comprimé, à une profondeur maxima de 12 m. 60 au-dessous des plus basses eaux. Poids total du tablier, mis en place par lançage : 483,450 kilogrammes. Montant de l'entreprise : 678,000 francs.

Pont-route sur l'Oued-el-Kébir, en Algérie (1897-1899). — Le tablier, à poutres droites, mesurant 212 mètres d'ouverture et 4 m. 40 de largeur d'axe en axe, comprend quatre travées, dont trois continues de 6 m. 05 de hauteur, ayant, la travée centrale 70 mètres d'ouverture et les deux travées latérales 55 mètres, et se termine par une travée indépendante de 30 mètres. Piles et culées, construites en maçonnerie, sont fondées : les piles à l'air comprimé, sur caissons foncés à 7 m. 25 sous l'étiage; les culées, à l'air libre. Poids de l'ossature métallique : 443,630 kilogrammes. Montant de l'entreprise : 430,000 francs.

Tour métallique du phare de Poulo-Canton, près Tourane, en Annam (1898-1900). — La hauteur totale, du sol au plan focal, est de 50 mètres. La tour, construite en acier, se compose d'une gaine cylindrique centrale de 2 m. 50 de diamètre, contenant l'escalier, enfermée entre quatre contreforts, à section plane rectangulaire, de même

largeur que la gaine centrale. Ces contreforts forment en plan comme une croix de Malte. Leur saillie décroît progressivement de bas en haut, de telle sorte que le profil de la section verticale dessine la courbe d'égale résistance à l'effort du vent. Chaque contrefort est constitué par quatre montants, dont deux profilés selon cette courbe, reliés ensemble, tant horizontalement que verticalement, par des croix de Saint-André, distribuées par étages de 4 mètres d'élévation. Des boulons d'ancrage fixent la tour sur un massif en maçonnerie, de 4 mètres d'épaisseur, descendu jusqu'au rocher. Poids du métal, ancrage compris : 132,160 kilogrammes. Volume des maçonneries : 566 mètres cubes. Montant de l'entreprise : 151,000 francs.

Mentionnons encore les ouvrages : *pont sur le Sebaou, en Algérie* (1890-1893). Vingt travées de 20 m. 30 sur pieux à vis en fonte. Poids du métal : 293 tonnes. Montant de l'entreprise : 150,000 francs. — *Deux viaducs métalliques sur le chemin de fer de Porto-Rico aux Antilles* (1890-1892). Pour les deux ensemble : poids du métal, 254 tonnes. Montant des deux entreprises : 133,000 francs. — *Viaduc sur le Leff, sur la ligne de Guingamp à Paimpol* (1893). Une travée de 59 mètres. Poids du métal : 355 tonnes. Montant de l'entreprise : 155,000 francs. — *Nouvelles portes d'aval des deux écluses de Suresnes* (1898). Poids du métal : 180 tonnes. Montant de l'entreprise : 150,000 francs.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs A. Petit, administrateur délégué; L. Adour, administrateur ; J. Adour (études d'exécution et direction de divers travaux); Prudon (travaux en Algérie); H. Pesme, chef-traceur (montage du phare de Poulo-Canton, en Indo-Chine).

Teste, Moret et Cie, à Lyon. — L'une des industries de cette importante maison consiste dans la fabrication des câbles métalliques en fils d'acier, qui l'a conduite à entreprendre la construction des porteurs aériens et celle des ponts suspendus.

Les *porteurs aériens par câbles,* susceptibles de franchir, d'un jet, des portées de plus de 1,000 mètres et pouvant écouler jusqu'à 1,200 tonnes par journée de 10 heures, transportent avec facilité et économie toutes sortes de matériaux et de produits : minerais, houille, pierres, sable, ciment, betteraves, etc.

Dans ces dernières années, la maison Teste, Moret et Cie en a construit 70, qui fonctionnent tant en France et dans les colonies françaises qu'à l'étranger, principalement en Italie, en Espagne et en Amérique.

Ponts suspendus rigides. — La maison a exécuté plusieurs de ces ponts sur divers points de la France. Elle achève à présent de construire le *pont de Vernaison,* sur le Rhône, de 330 mètres de portée totale, avec une travée centrale de 235 mètres. Ces ouvrages sont établis avec tous les perfectionnements récemment apportés. Il y a, au pont de Vernaison, 2 nappes de 6 câbles de chaque côté, soit en tout 24 câbles.

Vesseyre frères, à Brioude. — Les travaux exécutés par MM. Vesseyre frères consistent presque exclusivement en travaux de chemins de fer : terrassements, ponts, viaducs, souterrains. Les trois plus considérables de ceux qu'ils ont entrepris depuis

1889 ont déjà été décrits. Ce sont : les maçonneries du grand *viaduc de Gien, sur la Loire;* le *bassin de la Pinède, au port de Marseille* (Ministère des travaux publics), et le *viaduc de Mussy* (Compagnies de chemins de fer, Compagnie P.-L.-M.).

Parmi les autres ouvrages, nous mentionnerons : le *tunnel de la Plaine, sous Marseille,* de 700 mètres de longueur, percé dans un terrain difficile ; l'*élargissement du souterrain des Rognoux* et la *construction d'une seconde galerie à côté du tunnel de la Batterie,* pour la mise à deux voies du chemin de fer de Nice à Menton ; le *viaduc de Saint-Sever, à Rouen,* de 350 mètres de longueur, formé de 21 travées métalliques portées par des piles et des culées en maçonnerie, et nous décrirons brièvement les deux ouvrages plus importants qui suivent :

Viaduc du Sornin, sur la ligne de Givors à Paray-le-Monial (1896-1898). — Ce viaduc en maçonnerie, de 254 mètres de longueur, de 28 mètres de hauteur et de 8 m. 10 de largeur entre les têtes, comprend 11 arches en plein cintre, dont 10 de 15 mètres d'ouverture et une centrale de 35 mètres pour le passage du torrent.

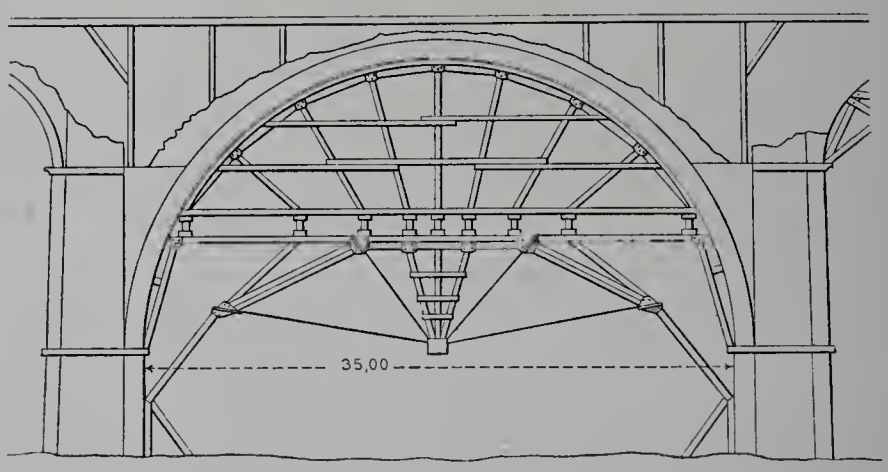


Fig. 80. — Cintre du viaduc du Sornin.

Cette grande voûte, mesurant 1 m. 60 d'épaisseur à la clef, a été construite en trois rouleaux au-dessus du joint incliné à 60 degrés. Le cintre se composait de 6 fermes, tout en sapin, établies suivant un nouveau système dû à M. l'ingénieur en chef Séjourné et essayé pour la première fois dans cette voûte. La partie supérieure du cintre, armé de contre-fiches normales à l'intrados, maintenues par trois cours de moises horizontales, reposait, par l'intermédiaire des boîtes à sable, sur une sous-ferme polygonale, espèce de cintre retroussé, prenant appui au pied des piles. Les crues du torrent pouvaient ainsi s'écouler librement. Pour rendre la sous-ferme rigide et indéformable, une armature, composée d'une pyramide renversée en charpente et de tendeurs de fils d'acier, joignant le sommet de la pyramide à ceux de la charpente polygonale, est suspendue au-dessous de cette charpente. Le tassement sur cintre, prévu de 40 millimètres, à raison de l'allongement des tendeurs, n'a pas été dépassé ; celui de la voûte, au décintrement, n'a été que de 2 millimètres. Le coût du viaduc monte à 467,000 francs.

Viaduc d'Issy, sur la ligne des Invalides à Viroflay (1898-1900). — Ce viaduc comprend 2 arches à plein cintre de 20 mètres d'ouverture, franchissant deux voies publiques, 28 arches de 12 m. 70, dont 21 à plein cintre et 7 surbaissées, et une travée métallique biaise à 33 degrés, avec 19 m. 80 d'ouverture droite. Sa longueur totale est de 553 mètres, sa hauteur de 19 mètres et sa largeur entre les têtes de 8 m. 20. A raison des sables fluents et des infiltrations qu'on a rencontrées dans le sol et aussi pour aller plus vite, on a fondé les supports des dix-huit premières arches sur un radier général en béton de 14 mètres de largeur et de 3 à 4 mètres d'épaisseur, coulé dans une enceinte de pieux et de palplanches jointives. Sur certains points, ce radier a dû être descendu à 3 m. 25 plus bas que le niveau d'étiage de la Seine. Le volume du béton a été d'environ 23,000 mètres cubes. La dépense totale s'est élevée à environ 1,900,000 francs.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs Morbach (viaducs de Gien, Mussy, Issy-les-Moulineaux) et Chaussegros (viaduc de Mussy, bassin de la Pinède).

INSTITUTIONS ET PUBLICATIONS TECHNIQUES. — DIVERS.

L'École nationale des ponts et chaussées ayant déjà fait l'objet d'un compte rendu (*Ministère des travaux publics*), il nous reste seulement à parler ici de la :

Société des Ingénieurs civils de France. — Cette utile et puissante institution technique, fondée le 4 mars 1848, par MM. Alcan, Ch. Callon, Faure, Laurens et Thomas, définitivement constituée le 25 mars suivant, sous la présidence de M. Eug. Flachat, et reconnue d'utilité publique le 31 décembre 1860, comptait, en 1899, 3,460 sociétaires, après en avoir compté 134 en 1848, 1,014 en 1870 et 2,294 en 1890. Son développement a été particulièrement rapide dans les dernières années. Son succès et sa prospérité ont été sans cesse croissants.

L'objet de la Société est ainsi défini par les statuts :

1° Éclairer, par la discussion et le travail en commun, les questions d'art relatives au génie civil;

2° Concourir au développement des sciences appliquées aux grands travaux de l'industrie;

3° Étendre, par le concours actif de ses membres, l'enseignement professionnel parmi les ouvriers et les chefs d'industrie ou d'atelier;

4° Poursuivre, par l'étude des questions d'économie industrielle, d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays;

5° Entretenir des relations suivies et un esprit de fraternité entre tous les membres de la Société;

6° Rechercher et faire connaître à ses membres les positions et emplois vacants auxquels ils pourraient aspirer;

7° Assister temporairement, dans la limite de ses ressources, ceux de ses membres qui seraient dans la nécessité de réclamer ce concours.

Le siège de la Société, fixé d'abord rue Buffault, 26, puis, à partir de juin 1872, cité Rougemont, 10, dans un hôtel bâti par la Société, vient d'être transféré (le 14 janvier 1897) dans un hôtel plus spacieux et plus monumental construit au numéro 19 de la rue Blanche.

Pour faire partie de la Société comme membre sociétaire (il y a aussi des membres associés et honoraires), il faut exercer ou avoir exercé la profession d'ingénieur et être admis, au scrutin secret, à la majorité des deux tiers des votants. La cotisation annuelle est de 36 francs; il y a un droit d'admission de 25 francs.

La Société est administrée et représentée par un Comité composé de 34 membres élus, des anciens présidents et des présidents honoraires. Le bureau se compose : d'un président, élu pour un an et non rééligible l'année suivante; de quatre vice-présidents et quatre secrétaires, rééligibles pendant, au plus, quatre années consécutives, et d'un trésorier, rééligible sans restriction. Le comité se partage en cinq sections, qui ont respectivement à préparer des rapports, en s'adjoignant, au besoin, des sociétaires particulièrement compétents, sur les travaux et les questions relatifs aux objets suivants : travaux publics; mécanique et machines; mines et métallurgie; physique et chimie industrielles; chauffage et ventilation; électricité.

La Société tient ses séances ordinaires les 1er et 3e vendredis de chaque mois, dans la grande salle des séances. Elle y discute sur les rapports des comités les questions portées à l'ordre du jour, ou celles proposées comme urgentes par un sociétaire et acceptées séance tenante par le bureau. Des personnes étrangères à la Société peuvent être autorisées à assister aux séances, à faire des communications et à prendre part à la discussion.

La Société publie un *bulletin* rendant compte de ses séances et de ses travaux. Ce bulletin, publié d'abord tous les trois mois, puis tous les deux mois, est devenu mensuel depuis 1880. L'ensemble des bulletins comprenant 49 années, formait en 1899 65 volumes, contenant environ 800 mémoires. La bibliothèque, située au second étage de l'hôtel, possède environ 18,000 volumes et reçoit plus de 300 périodiques français et étrangers.

La Société distribue des prix. Son avoir social, augmenté par des dons et par des legs, montait à un demi-million, en 1894, avant la construction de son nouvel hôtel.

Le *Génie civil*, à Paris. — Fondé en 1880, par un groupe important d'ingénieurs et d'industriels, sous la présidence de M. Émile Muller, le *Génie civil* est rédigé sous la direction d'un comité supérieur de rédaction, composé de notabilités techniques. Il constitue aujourd'hui une vaste encyclopédie, où sont traitées toutes les questions intéressant l'art de l'ingénieur et les différentes branches de l'industrie, en France et à l'étranger : mécanique, électricité, chimie, métallurgie, travaux publics, chemins de fer, automobiles, navigation, industries agricoles, hygiène, législation industrielle, etc.

Ce recueil est hebdomadaire; chacun de ses numéros est illustré par de nombreux dessins ou phototypies et par une planche hors texte. Il forme, chaque année, deux volumes grand in-4° de plus de 400 pages. Le nombre des abonnés atteint près de 4,000, dont un tiers environ à l'étranger et aux colonies. Les pays où il est le plus répandu sont, en Europe : la Russie, l'Allemagne et les pays de langue française ou de race latine : Belgique, Italie, Espagne, Roumanie; et en Amérique : les États-Unis le Brésil et la République Argentine.

Le *Génie civil* a consacré de nombreux articles aux travaux de l'Exposition de 1900 et en a décrit en détail les principales constructions. Il a, en outre, entrepris la publication de comptes rendus méthodiques des principales industries représentées à l'Exposition.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs Talansier, administrateur délégué; Dumas, secrétaire de la rédaction.

La *Revue technique*, à Paris. — Cette publication, dont le titre complet est, depuis 1896 : *Revue technique; Annales des Travaux publics, des chemins de fer et de l'automobilisme*, est la continuation des *Annales des travaux publics*, fondées en 1880. Elle est bimensuelle, de format grand in-4° et illustrée par des planches et des gravures dans le texte. Elle paraît sous les auspices d'un comité de patronage composé de techniciens en renom et donne de nombreuses informations et d'intéressants articles sur toutes les questions qui se rapportent aux travaux publics et aux moyens de transport.

Béranger, libraire-éditeur à Paris. — La librairie polytechnique Ch. Béranger a été fondée en 1860, par MM. Baudry et Noblet, dans le but d'éditer les ouvrages relatifs à toutes les branches des connaissances qui se rattachent aux travaux des ingénieurs, des architectes et des industriels. Elle en a fait paraître un très grand nombre, très estimés et très répandus, avec le concours des ingénieurs et des écrivains d'art les plus distingués. Citons, parmi les publications artistiques : *L'Art architectural en France; la Renaissance; les Tapisseries décoratives des Gobelins; les Meubles d'art du mobilier national; l'Architecture de la Syrie centrale; l'Histoire de la maison du roi*, et parmi les publications techniques, devenues, avec le temps, le fonds principal de la librairie : l'*Encyclopédie des travaux publics;* la *Carte géologique de la France*, les *Nouvelles annales de la construction;* le *Portefeuille économique des machines*, et nombre d'ouvrages sur les travaux publics (routes, ponts, navigation, travaux maritimes, chemins de fer, etc.), sur les constructions civiles, l'électricité et ses applications, les machines, la métallurgie, la chimie et les industries chimiques, etc., ouvrages dont le catalogue comprend 143 pages et qu'il nous serait, par suite, malgré leur valeur, impossible d'énumérer ici.

Chateau père et fils, à Paris. — MM. Chateau père et fils ont exposé, dans la Classe 29, plusieurs appareils construits par eux et employés avec succès dans divers services de navigation intérieure et de navigation maritime. Ce sont : *trois marégraphes,*

dont un à cylindre horizontal et deux à cylindre vertical. — *Trois fluviographes*, dont un à cylindre et deux à cadrans, enregistrant les dénivellations des cours d'eau, à raison de un tour de cylindre ou de cadran par vingt-quatre heures. — Un *transmetteur électrique de niveau*, avec son relais et son récepteur, pour transmettre à distance l'enregistrement du niveau d'un bief ou d'un réservoir. Ils ont exposé en outre des *contrôleurs de signatures et de rondes, des pendules marines, une machine à calculer*...

Digeon et fils aîné, à Paris. — MM. Digeon qui construisent spécialement dans leurs ateliers des appareils mécaniques de précision, sont aussi d'habiles constructeurs de modèles en relief. Ils en ont exécuté, pour la Classe 29, un grand nombre, qui font paraître aux yeux, au naturel, sauf la réduction d'échelle, beaucoup des ouvrages les plus intéressants exposés dans cette Classe, tant par la France que par l'étranger. Nous citerons notamment les modèles suivants :

Plans en relief : des réservoirs d'alimentation de la ville de Nice; — des réservoirs et des filtres de Choisy-le-Roi; — des docks et entrepôts de Marseille; — du port de Lisbonne (Portugal); — des ports de Bruxelles, Ostende et Gand (Belgique); — des usines de Port-Sumlight (Angleterre).

Modèles : du viaduc du Viaur; — du slip en travers, système Labat; — du chantier de rivetage du pont de Cosne; — du pont de Nogent-sur-Marne; — du pont du Midi, à Lyon; — du pont tournant de Missiessy ; — du projet de sas élévateur pour le canal du Danube à l'Oder, etc...

Vallot (Joseph et Henri), à Paris. — L'avant-projet, très étudié, du **chemin de fer des Houches au mont Blanc**, exposé par MM. Vallot, et présenté aux autorités locales et départementales par la société d'études, constituée pour dresser cet avant-projet, a été accepté, après enquête, par ces autorités.

Un barrage, établi sur l'Arve, doit procurer la force motrice pour la construction et l'exploitation du chemin de fer. Le tracé proposé, mesurant en longueur horizontale 11,380 mètres, de la station des Houches (cote 991), à la station des Petits-Rochers Rouges (4,560), comprend un parcours à l'air libre de 2,250 mètres, et un parcours souterrain de 9,130 mètres, avec stations au Gros-Bechar (2,488), à l'aiguille du Goûter (3,810), et au Dôme du Goûter (4,223). Ce parcours souterrain comporte un palier de 630 mètres après l'aiguille du Goûter, une pente de 0,08 sur 700 mètres, après le dôme du Goûter, et plusieurs rampes, dont la plus forte, longue de 1,110 mètres, avec une inclinaison de 0 m. 60, précède immédiatement l'aiguille du Goûter. La distance entre les Petits-Rochers-Rouges (4,573) et le sommet du mont Blanc (4,807), qui est de 450 mètres en projection horizontale et de 234 mètres en hauteur, sera franchie à l'aide de traîneaux à traction funiculaire. Le tracé, ainsi dirigé, paraît être le plus avantageux au triple point de vue de la beauté des vues depuis les stations, de la continuité des arêtes rocheuses et de la qualité des terrains.

Le rayon unique de 150 mètres admis, pour les courbes dans l'avant-projet, pourra être, dans le projet, réduit au besoin à 100 mètres.

Le souterrain, construit pour la voie d'un mètre, mesurera, en voie unique : 4 m. 50 de largeur aux naissances de la voûte et 4 m. 50 de hauteur à la clef, au-dessus du rail; et en voie double (aux croisements) 7 m. 60 de largeur et 5 mètres de hauteur. La voie sera constituée par des rails Vignole, avec crémaillère double (comme au Pilate), dans le trajet souterrain, où les traverses seront enchâssées dans un radier continu en béton.

La traction sera électrique. Chaque train, muni de 4 freinages mécaniques ou électriques, se composera d'une locomotive et d'une voiture pouvant contenir 40 voyageurs. On estime que, grâce aux trois croisements ménagés sur le parcours, il sera possible de transporter jusqu'à 1,000 voyageurs par jour.

La dépense est évaluée à 11 millions jusqu'à l'aiguille du Goûter et à 21 millions jusqu'au sommet. On admet que la recette annuelle pourra s'élever à 3 millions, avec 20,000 voyageurs à 100 francs pour le mont Blanc, 20,000 à 20 francs pour le Gros-Béchar, et quelques milliers, à des prix intermédiaires, pour les autres stations. On évalue, d'autre part, les dépenses d'exploitation à 800,000 francs. Dans ces conditions, l'entreprise serait rémunératrice. M. Joseph Vallot, qui a fait de longs séjours à l'observatoire du mont Blanc, estime que les voyageurs, parvenant sans fatigue au sommet, seront peu sensibles au mal de montagne et que les ouvriers s'acclimateront aisément.

Ville de Bagnères-de-Bigorre. — **Projet de chemin de fer électrique du pic du Midi de Bigorre.** — Le chemin de fer électrique qui fait l'objet de ce projet, soigneusement étudié, est relié à Bagnères par un tramway. Il part d'Artigues, à la cote 1197, et suit la vallée d'Arises. Sa longueur est de 8,730 mètres jusqu'à la station terminale, située à la cote 2770. La dénivellation totale étant de 1,573 mètres, il en résulte une pente moyenne de 0 m. 18. Jusqu'à la station Plantade ou de Cinq-Ours, les rampes varient de 0 m. 10 à 0 m. 28; la déclivité se maintient ensuite à 0 m. 30 jusqu'au sommet; il n'y a ni paliers, ni contre-pentes. Les courbes, en petit nombre, descendent à 65 mètres de rayon. Le tracé comporte 8 souterrains, dont la longueur totale est seulement de 700 mètres; il est donc presque complètement à ciel ouvert. Pour réduire la longueur des souterrains, on franchit sous des roches en surplomb, entaillées à cet effet, les raillères, c'est-à-dire les couloirs parcourus par les avalanches de pierres ou de neige. Outre la station de Cinq-Ours, il y a deux haltes de croisements. La voie de 1 mètre est supportée par des traverses en chêne dans les rampes inférieures à 0 m. 25 et, dans les rampes plus raides, par des traverses métalliques scellées dans une maçonnerie remplaçant le ballast. La crémaillère sera celle de Strub, pesant 34 kilogrammes par mètre, qui est employée à la Jungfrau.

On pourra faire 12 trains par jour dans chaque sens et transporter, par suite, 1,000 voyageurs à raison de 85 voyageurs par train de deux voitures. On emploiera

la traction électrique à courants triphasés, qui a bien réussi en Suisse. La force motrice de 4,000 chevaux, au plus bas étiage, sera fournie par une usine hydro-électrique, actionnée par une chute d'eau dont le débit sera régularisé au moyen d'un réservoir de 2 hectares de superficie créé à cet effet.

On estime la dépense totale à 3 millions.

COLONIES FRANÇAISES.

Des travaux considérables, consistant surtout en constructions de chemins de fer et de ports maritimes, ont été exécutés, depuis 1889, ou sont en préparation dans l'Indo-Chine et dans les nombreuses colonies africaines de la France, au nombre desquelles nous comprendrons l'Algérie et la régence de Tunis. Les principaux ouvrages, faisant partie de ces travaux, ont été exécutés par des constructeurs et des entrepreneurs français qui les ont exposés, soit dans la section métropolitaine, soit dans la section coloniale de la Classe 29. Nous avons rendu compte de la plupart d'entre eux en passant en revue les expositions de ces constructeurs. Nous aurons donc, en matière d'ouvrages terminés, à renvoyer souvent à des chapitres antérieurs. Les travaux dont nous aurons surtout à parler seront des travaux en cours d'exécution ou en préparation, entrepris depuis peu, pour mettre en valeur le domaine colonial de la France.

ALGÉRIE.

Gouvernement général de l'Algérie (service des travaux publics), à Alger. — Renseignements techniques et statistiques.

Routes. — Il existe, en Algérie, *10 routes nationales,* d'une longueur totale de 2,923 kilomètres, dont 2,379 kilomètres à l'état d'entretien et 544 kilomètres à l'état piste ou de lacune. Elles relient : d'une part, Alger avec Constantine et Oran, et, d'autre part, la côte avec des points plus ou moins avancés dans le Sud : Tlemcen, Géryville, Laghouat, Bou-Saâda, Sétif, Biskra, Tébessa. Ces routes, tout empierrées, sauf 10 kilomètres de traversées de villes, et larges de 8 mètres avec 4 mètres de chaussée, ont coûté, en moyenne, 33,500 francs par kilomètre. Leur fréquentation est notablement supérieure à celle des routes nationales de la France (336 colliers par 24 heures, en 1894, au lieu de 185 colliers en France). Aussi l'usure de la chaussée, encore accrue par la sécheresse, est-elle très rapide et les frais d'entretien montent-ils, en moyenne, à 1,180 francs par kilomètre (au lieu de 722 francs en France).

Il y a, en Algérie, une catégorie particulière de chemins, dits *chemins non classés,* construits par l'État, à titre de voies de pénétration ou de voies stratégiques et remis ensuite autant que possible, pour leur entretien, aux départements ou aux communes qui les classent dans leurs réseaux départementaux ou vicinaux. 330 kilomètres de ces chemins restent entretenus par l'État.

L'Algérie possède, comme la métropole, des *routes départementales* et des *chemins vicinaux de grande communication, d'intérêt commun* et *ordinaires*, différemment classés et dénommés dans les trois départements, comme le montre le tableau suivant qui donne, par départements, les longueurs des trois premières catégories de ces voies de communication.

DÉSIGNATION.	ROUTES DÉPARTEMENTALES.	CHEMINS de grande COMMUNICATION.	CHEMINS D'INTÉRÊT COMMUN.	TOTAUX.
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.
Département d'Oran.....	//	1,980	//	1,980
Département d'Alger.....	//	1,785	783	2,568
Département de Constantine..	524	2,312	745	3,581
TOTAUX.....	524	6,077	1,528	8,129

Ces 8,129 kilomètres représentent un capital d'environ 120 millions. La dépense moyenne d'entretien, par kilomètre et par an, s'est élevée :

Pour les routes départementales, à 950 francs; pour les chemins de grande communication, à 664 francs; pour les chemins d'intérêt commun, à 473 francs.

Le réseau départemental a peu varié depuis 1889, tandis que le réseau vicinal de grande communication et d'intérêt commun a passé de 4,912 à 7,605 kilomètres avec une augmentation de 2,693 kilomètres, soit 55 p. 100.

CHEMINS DE FER. — Le réseau des chemins de fer algériens d'intérêt général, formé d'abord de deux lignes construites par la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée (Philippeville à Constantine — 87 kilomètres, — ouverte en 1870; et Alger à Oran — 421 kilomètres, — ouverte en 1871), comprenait, au 31 mars 1900, 2,980 kilomètres exploités par six compagnies et par l'État, savoir : Paris-Lyon-Méditerranée, 508 kilomètres; Est algérien, 887 kilomètres; Ouest algérien, 368 kilomètres; Franco-algérien, 663 kilomètres; Bône-Guelma, 436 kilomètres; Mokta-el-Hadid, 33 kilomètres; État, 85 kilomètres. La longueur exploitée au 31 décembre 1888 était de 2,370 kilomètres. L'accroissement du réseau a donc été de 610 kilomètres, du 1er janvier 1889 au 31 mars 1900.

Il n'existait, en 1889, ni chemin de fer d'intérêt local, ni tramway; il en existe à présent 160 kilomètres.

Les chemins de fer algériens sont tous à voie unique. 1,900 kilomètres sont à voie normale; le restant est à voie de 1 m. 05 ou de 1 mètre; quelques tramways sont à voie de 0 m. 80 ou de 0 m. 60.

A raison des difficultés du terrain, les chemins de fer algériens ont coûté relativement cher — en moyenne 213,000 francs par kilomètre, matériel compris. — Aussi les différentes lignes ont-elles dû être concédées avec garantie d'intérêt par l'État. Le capital garanti monte à 489 millions, d'où résulte pour l'État une charge annuelle qui a varié, dans les dernières années, entre 20 et 23 millions.

IMPRIMERIE NATIONALE.

On s'occupe d'exécuter ou d'étudier diverses lignes de pénétration vers le Sud : à l'Ouest, le prolongement de la ligne d'Arzew à Aïn-Sefra et Duveyrier (569 kilom.), vers les oasis du Gourara, du Touat et du Tidikelt; au centre, le prolongement de la ligne de Blida à Berrouaghia (83 kilom.) jusqu'à Boghari et Laghouat (313 kilom.); à l'Est, le prolongement de la ligne de Constantine à Biskra jusqu'à Touggourt et Ouargla (380 kilom.). La ligne de pénétration de l'Ouest est la plus avancée. Elle se poursuit, à partir d'Aïn-Sefra, aux frais de l'État, au moyen de fonds votés annuellement par le Parlement.

On a fait, en même temps, de nombreuses concessions de chemins de fer d'intérêt local et surtout de tramways (740 kilom.) qui sont appelés à jouer un rôle de plus en plus important dans le système des voies de communication de l'Algérie.

Ports maritimes. — De Nemours à la Calle, la côte d'Algérie dessine un grand arc de cercle de 1,000 kilomètres de corde et de 80 kilomètres de flèche. Cette côte, quoique montagneuse, est peu découpée et d'autant moins favorable à l'accostage des navires, malgré l'existence de quelques grandes baies, qu'elle est, à cause de son orientation, battue par les vents les plus dangereux. Elle mérite la réputation inhospitalière qu'elle avait dès l'époque romaine. Des ouvrages maritimes construits à cette époque, il ne reste à peu près rien. On peut dire que, avant la conquête française, il n'existait point, sur la côte algérienne, d'abri sûr pour les navires d'un fort ou d'un moyen tonnage. Aussitôt après la conquête, on s'appliqua à créer le port d'Alger. Vers 1846 on s'occupa des ports d'Oran, de Philippeville et de Bône, et plus tard des autres ports de moindre importance. C'est seulement à partir de 1866 que, grâce à une avance de 100 millions faite à l'État par la Compagnie algérienne, les travaux purent être poussés un peu activement. Les 28 millions de cette avance, consacrés aux ports, furent dépensés de 1866 à 1873. Il restait encore beaucoup à faire ; mais, après la guerre de 1870, l'État manqua de ressources. Alors, comme dans la métropole, les chambres de commerce et les municipalités vinrent à l'aide, soit par des avances, soit par des subventions, dont elles recouvrèrent le montant en percevant des droits de tonnage. C'est ainsi que, avec ou sans le concours financier de l'État, les travaux se poursuivent encore aujourd'hui.

Il a été dépensé, à la fin de 1899, plus de 135 millions pour les travaux maritimes de l'Algérie ; et il reste encore beaucoup à faire pour bien desservir un trafic qui s'accroît très rapidement, puisque, ayant passé de 1,750,000 tonnes, en 1888, à 3,550,000 tonnes, en 1898, il a doublé en dix ans.

Nous rendrons compte des travaux exécutés depuis 1889, dans les quatre principaux ports algériens, dont les plans en relief étaient exposés dans le pavillon de l'Algérie.

Ces travaux sont assez peu considérables ; mais on a étudié quelques projets importants qui sont en cours d'exécution. Il reste encore beaucoup à faire pour l'outillage.

Port d'Alger. — On a prolongé les anciennes jetées : celle du Nord, de 170 mètres, jusqu'aux fonds de 35 mètres; et celle de l'Est, de 100 mètres, afin d'abriter et de rétrécir la passe. La Roche-sans-Nom sera incessamment dérasée à la cote (—10 mètres),

niveau admis pour toute l'étendue du port. Un arrière-port est en voie d'exécution, dans la baie de l'Agha, au Sud du port actuel, avec lequel une passe de 70 mètres, ouverte

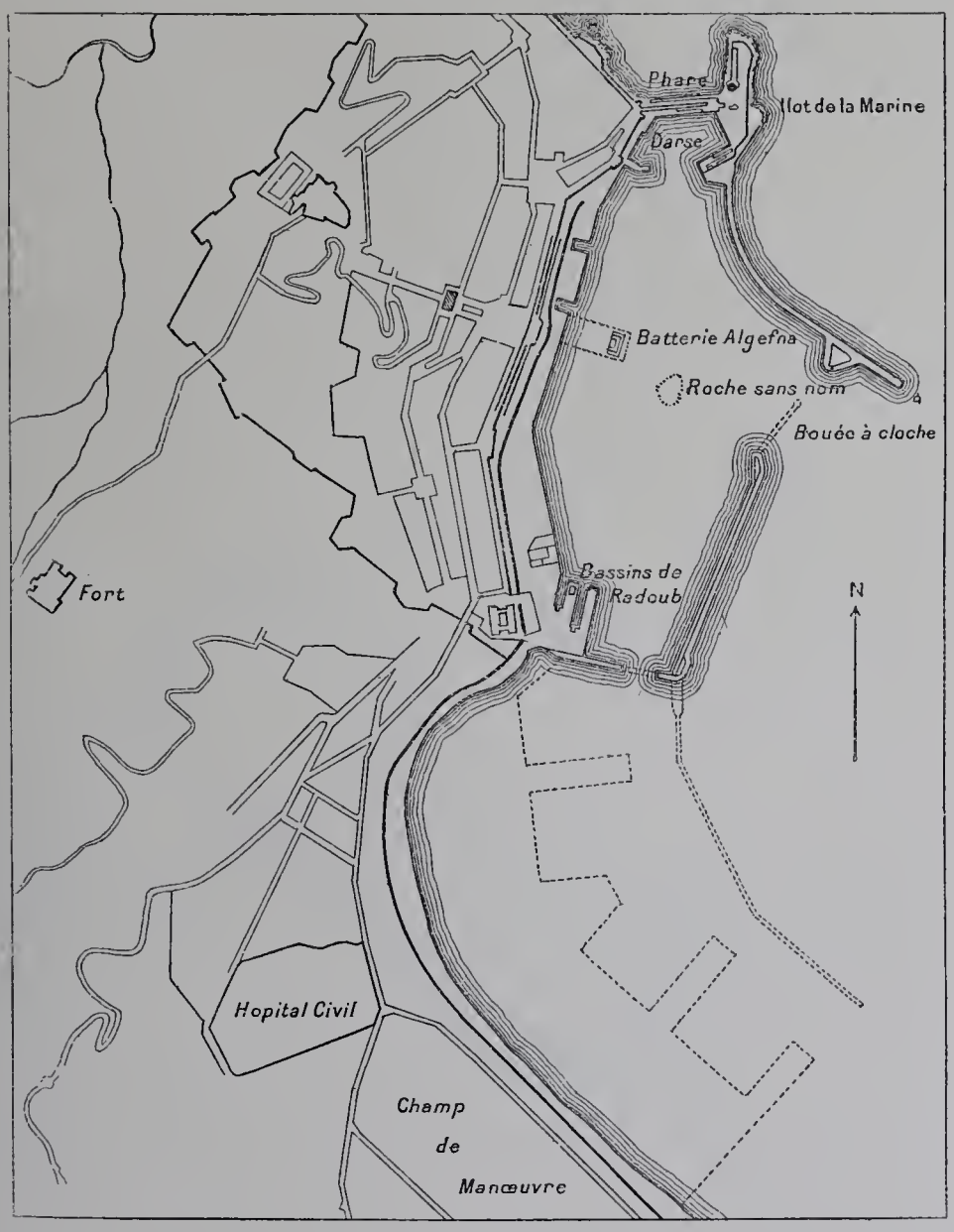


Fig. 81. — Port d'Alger.

dans la jetée du Sud, le met en communication. Les travaux prévus pour la création de cet arrière-port comprennent : le prolongement vers le Sud, sur une longueur provisoirement arrêtée à 300 mètres de la jetée Est ; la création, le long du rivage de l'arrière-port, d'un vaste terre-plein de 18 hectares ; la construction de murs de quai verticaux le long de ce terre-plein et sur le pourtour d'un môle de 200 mètres de longueur, qui s'en détachera. Ces travaux coûteront environ 6 millions. Ceux qu'on avait faits auparavant au port d'Alger ont coûté 48,300,000 francs, dont 5,500,000 francs pour les formes de radoub. La jetée Sud et le terre-plein du rivage pourront être, à Alger comme à Marseille, continués le long de la baie, avec addition de nouveaux môles.

Le port actuel mesure 90 hectares de superficie, avec 1,736 mètres de quais et

3 hectares 3 de terre-pleins. Le trafic a passé de 275,000 tonnes en 1879, à 468,000 tonnes en 1888, et à 1,367,000 tonnes en 1898. Il a presque triplé pendant la dernière période de dix années.

Port d'Oran. — Les travaux ont consisté principalement en installations de voies ferrées et de hangars, ceux-ci couvrant 11,774 mètres carrés. Le port comprend un grand bassin de plus de 25 hectares avec mouillage de 5 à 12 mètres, un petit bassin de 4 hectares pour les navires de faible tonnage, 2,000 mètres de murs de quai et 9 hectares de terre-pleins. Les dépenses faites jusqu'à présent montent à 19 millions. Le trafic a passé de 406,000 tonnes en 1888, à 705,000 tonnes en 1898. On projette d'approfondir le port par des dragages, d'en compléter l'outillage et de l'agrandir en créant un nouveau bassin de 18 à 20 hectares à l'abri de la digue, prolongée de 550 mètres.

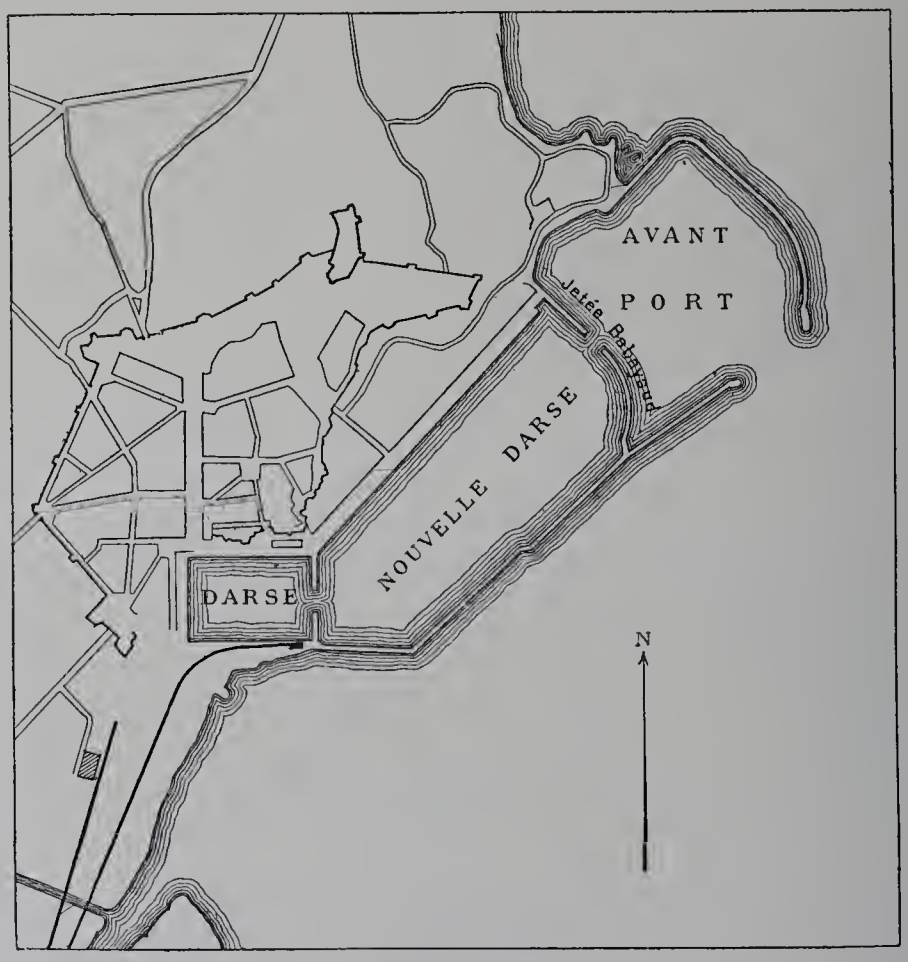


Fig. 82. — Port de Bône.

Port de Bône. — Le port de Bône, construit de 1855 à 1870, comprenait : un avant-port de 70 hectares, limité, au Nord-Est, par une jetée courbe, dite *jetée Babayaud;* et, au Sud, par la jetée Sud; et une darse de 11 hectares qui s'ouvre, au Sud-Ouest, dans l'avant-port. Ces travaux ont coûté 7,156,000 francs. Les travaux considérables, d'une valeur de 16,500,000 francs, qui sont en cours d'exécution, comportent : la création au Nord de l'avant-port actuel d'un nouvel avant-port de 47 hectares et la transformation de l'avant-port actuel en une darse : par la construction d'un jetée

parallèle à la jetée Babayaud, à 700 mètres au delà de celle-ci; par le prolongement de la jetée Sud parallèlement au rivage, et par l'ouverture d'une passe de 70 mètres dans la jetée Babayaud. A ces travaux s'en ajouteront d'autres, estimés 2,500,000 francs, comprenant la construction d'un quai pour l'embarquement des phosphates et l'approfondissement à 8 m. 50 de l'ancienne et de la nouvelle darse. Le trafic du port de Bône s'est élevé, grâce surtout à l'accroissement des transports de phosphates, de 250,000 tonnes en 1888, à 579,000 en 1899.

Port de Philippeville. — Depuis 1889 on a prolongé la jetée Nord (constructeurs, Hersent), qui mesure aujourd'hui 1,625 mètres de longueur, et renforcé la jetée du Château-Vert. La jetée Nord a bien résisté aux plus violentes tempêtes. Le port comprend actuellement un avant-port de 32 hectares et une darse de 19 hectares, ayant des profondeurs de 6 à 11 mètres. Le développement des quais est de 900 mètres et la surface des terre-pleins de 9 hectares 5. Les dépenses faites jusqu'à ce jour montent à 20 millions. Le trafic annuel reste stationnaire aux environs de 150,000 tonnes. On projette de construire une nouvelle traverse et d'organiser l'outillage.

Collaborateurs principaux : MM. Genty, ingénieur en chef (projet et travaux du chemin de fer d'Aïn-Sefra à Djenien-Bou-Rezg); Gauckler, ingénieur ordinaire (travaux du port d'Alger); Saint-Romas, ingénieur ordinaire (travaux du port de Bône).

TUNISIE.

Direction générale des travaux publics de la Régence, à Tunis. — La Direction générale des travaux publics, créée par le décret beylical du 3 septembre 1882 et organisée par décret du 25 juillet 1883, a dans ses attributions quatre services : ponts et chaussées, mines, service topographique, police de la navigation et des pêches maritimes, dont le premier seulement se rattache, par ses œuvres, à la Classe 29. Les travaux publics de la Tunisie ont pris un grand et fécond développement depuis l'organisation de la Direction générale. Ils s'exécutent, soit par voie de payement direct sur les fonds du budget de la Régence, soit par voie de concession. Quinze concessions, dont la durée varie de 47 à 99 ans, ont été faites jusqu'au 1er janvier 1900. Il y en a 4 de chemins de fer, 5 de ports, 2 de tramways, 2 d'éclairage au gaz et 2 d'alimentation en eau. Nous rendrons compte plus loin des travaux de chemins de fer qui sont exposés séparément et nous ne nous occuperons ici que des travaux maritimes et des routes.

Collaborateurs principaux : M. l'ingénieur en chef Pavillier, directeur général des travaux publics; MM. les ingénieurs de Fages de Latour, adjoint au directeur général; Boulle, attaché au service des travaux (phare de Ras-Tina, travaux de ports).

Routes. — Avant l'occupation française, et jusqu'en 1883, il n'existait, dans la Régence, que deux tronçons de routes empierrées, mesurant 11 kilomètres et reliant deux portes de Tunis à l'ancienne résidence des beys, le Bardo. Toutes les voies de communication étaient à l'état de pistes, souvent à peine suffisantes pour assurer la circu-

lation des légers véhicules à deux roues (arabas), dont les indigènes font usage. Des ponts d'origine très ancienne, peu ou point entretenus : quatre sur la Medjerdah, trois sur l'Oued-Miliane, quelques autres vers Sousse et Kairouan, permettaient de franchir les cours d'eau les plus importants.

Dès le début du protectorat, on s'occupa d'améliorer cet état de choses. Les voies de communication furent classées en *pistes* et en *routes*, ces dernières comprenant les voies qui sont ou qui seront bientôt empierrées sur toute leur longueur, tandis que les pistes, laissées couramment à l'état naturel, ne sont empierrées que dans les mauvais passages. La longueur des routes, qui était de 925 kilomètres au 1er janvier 1895, dépasse aujourd'hui 1,900 kilomètres et devra atteindre environ 3,000 kilomètres. La principale de ces voies relie Tunis à Sousse, Sfax et Gabès, et mesure 406 kilomètres. En général, les routes ont de longs alignements droits, des courbes à grand rayon et des pentes inférieures à 5 p. 100. Le profil courant, en rase campagne, comporte ordinairement une plate-forme, entre fossés, de 8 mètres, avec 3 mètres ou 3 m. 50 de chaussée empierrée. La dépense de construction est, en moyenne, de 9,000 francs par kilomètre. L'entretien se fait, à l'aide de la prestation, avec des cantonniers indigènes; on procède, pour le gros entretien, par rechargements généraux. Les frais d'entretien kilométriques, compris entre 250 et 1,000 francs, sont en moyenne de 600 francs. Tous les frais de construction et d'entretien des routes sont couverts, soit par le budget tunisien, soit par une contribution spéciale : taxe des routes, pour les Européens; prestation pour les indigènes, qui fournit annuellement environ 600,000 francs.

Travaux maritimes. — Les ports, qu'il y a lieu d'examiner ici, sont, avec celui de Bizerte, exposé séparément, dont il sera parlé plus loin, les ports de Tunis, de Sousse et de Sfax. Il existe en outre un certain nombre de petits ports : les uns, Gabès, Tabarka, Mehdia, Djerba... où l'on a fait quelques travaux; les autres, où l'on n'a rien fait ou presque rien. Nous les laisserons de côté.

L'éclairage, aujourd'hui complet, des côtes de la Régence, comprend dix phares, d'une portée de 20 à 32 milles; quarante-un feux de port, d'une portée de 3 à 17 milles, et douze bouées lumineuses, d'une portée de 4 à 8 milles. Nous nous occuperons seulement des phares de Ras-Tina et de Ras-Turgœness, allumés tous deux en 1895.

Concession des ports de Tunis, de Sousse et de Sfax. — En vertu d'un décret beylical du 12 avril 1894, MM. Duparchy et Préault sont devenus concessionnaires de l'achèvement du port de Tunis (commencé par la Société des Batignolles), de la construction des ports de Sousse et de Sfax et de l'exploitation de ces trois ports. La concession est faite moyennant la garantie, par la Régence, d'un revenu annuel de 425,000 francs, à laquelle les concessionnaires n'ont pas eu encore recours.

Collaborateur principal : M. Wiriot, directeur de la Compagnie.

Port de Tunis. — Le port de la Goulette, à l'entrée du lac de Tunis, comprend une ancienne darse de 3 hectares et un nouveau bassin de 7,5 hectares, ayant 2 m. 50

à 3 m. 50 de tirant d'eau. Le nouveau port de Tunis (l'ancien est insignifiant) comprend, à partir des hauts fonds de la mer :

1° Un chenal de 1,200 mètres reliant ces hauts fonds à l'entrée du lac ;

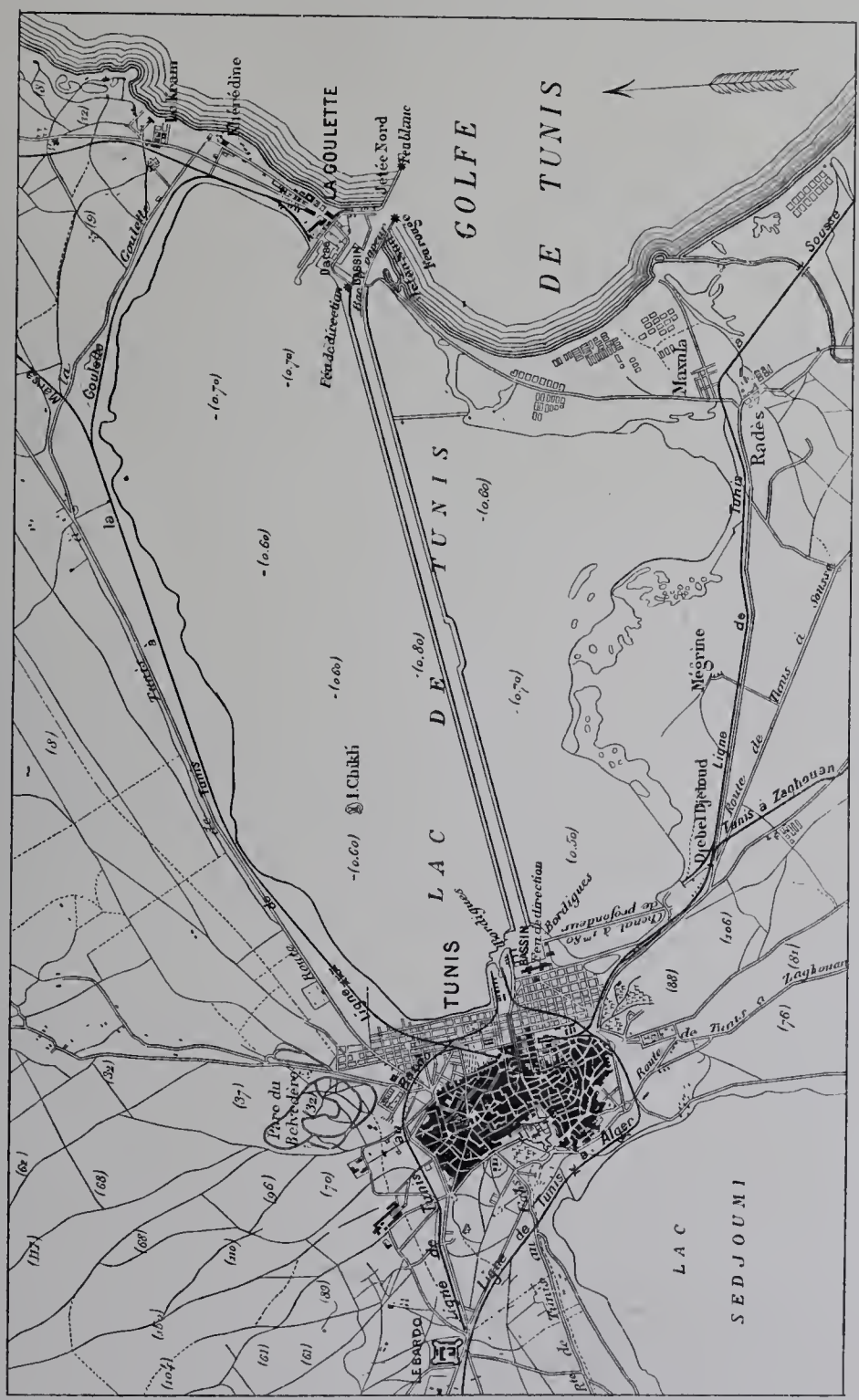


Fig. 83. — Le port de Tunis-la Goulette. Plan d'ensemble.

2° Une jetée Nord, de 503 mètres, en mer, en blocs artificiels de béton de 2 m. 80 × 1 m. 50 × 1 m. 50, couvrant les fonds de 6 mètres; une jetée Sud, en blocs naturels, de 596 mètres, couvrant les fonds de 4 mètres, distante de 250 mètres de la jetée Nord. Ces deux jetées abritent l'accès du canal;

3° Un canal de 9 kilom. 5 de longueur, d'abord courbe, sur 1,500 mètres, avec 2,000 mètres de rayon, puis rectiligne sur 8 kilomètres, gagnant Tunis à travers les vases du lac. Ce canal, pourvu d'un garage de 500 mètres au milieu, mesure 30 mètres de largeur au plafond, 60 mètres en couronne et 6 m. 50 de tirant d'eau ;

4° Un bassin, à Tunis, de 300 mètres de largeur sur 400 mètres de longueur, avec 6 m. 60 de tirant d'eau.

Les travaux, exécutés de 1888 à 1897, ont coûté 17,320,500 francs, dont la moitié a été dépensée en dragages.

L'outillage comprend : à la Goulette, une darse de carénage et une forme de radoub pour les bateaux ayant au plus 57 m. 50 de longueur et 3 mètres de tirant d'eau; 300 mètres de quais et 1 hect. 8 de terre-pleins.

A Tunis, 573 mètres de quais avec 6 m. 50 de tirant d'eau, 5 hectares de terre-pleins, dont un couvert; 3,400 mètres de voies ferrées reliées avec le réseau Bône-Guelma; une mâture flottante de 20 tonnes, trois grues mobiles à vapeur de 1,5 à 3 tonnes et quatre grues fixes de 1 à 6 tonnes.

Le trafic en marchandises du port de Tunis, qui avait été de 150,000 tonnes, en 1890, s'est élevé, en 1899, à 270,000 tonnes.

Port de Sousse. — Le port de Sousse, exécuté par voie de concession, de 1894 à 1899, comprend : une grande jetée d'abri, en blocs artificiels de 6 mètres cubes, avec plate-forme et mur abri en maçonnerie, dirigée de l'Ouest à l'Est, et mesurant 670 mètres de longueur, y compris un enracinement de 195 mètres : deux épis, séparés par une passe de 70 mètres, creusée à — 7 m. 50 : l'épi Nord de 256 mètres, avec quai intérieur de 200 mètres, et l'épi Sud de 658 mètres, y compris la digue de 288 mètres, rejoignant le rivage ; un bassin de 28 hectares, dont 13 dragués à — 6 m. 50 ; un quai de 424 mètres, avec 6 m. 50 de tirant d'eau : un terre-plein de 7 hect. 7 et 3,414 mètres carrés de surface couverte.

Les engins de levage comprennent : un ponton-mâture de 20 tonnes, une grue fixe de 6 tonnes et deux grues mobiles à vapeur de 1,5 et de 3 tonnes.

Les dépenses de construction et d'outillage s'élèvent à 4,680,000 francs. Le trafic en marchandises a atteint 95,000 tonnes en 1899.

Port de Sfax. — Le port de Sfax, établi de 1886 à 1890, pour recevoir les bateaux calant 2 m. 50, a été, de 1895 à 1897, transformé, par voie de concession, et moyennant une dépense de 2 millions, dont moitié en dragages, en un port pouvant recevoir les bateaux calant 6 mètres. Les travaux ont consisté : dans le creusement d'un chenal d'accès de 3 kilomètres de longueur, 22 mètres de largeur et 6 m. 50 de tirant d'eau, et dans celui d'un bassin d'opérations de 10 hectares, de même profondeur, reporté de 200 mètres en avant de l'ancien port pour donner à la ville européenne la place de se développer ; dans la construction de murs de quais, mesurant 594 mètres, sur les côtés Nord-Est et Nord-Ouest du bassin ; dans l'établissement de deux chenaux et de deux petites darses affectées à la petite batellerie. L'outillage comprend : deux magasins ;

2,000 mètres de voies ferrées ; une mâture flottante à vapeur de 20 tonnes ; une grue roulante à bras de 20 tonnes ; une grue fixe de 6 tonnes, trois grues mobiles de 1 tonne 5.

Sfax, dont le trafic a atteint 130,000 tonnes en 1899, et qui est aussi un important port de pêche, est devenu le second port de la Régence, et va devenir sans doute, le premier, à raison du développement très considérable qu'y prend le transport des phosphates de chaux.

Phares de Turgœness (dans l'île de Djerba) et de **Ras-Tina**, à 10 kilomètres au sud de Sfax. Ce sont deux hautes tours, très élancées, qui s'élargissent de haut en bas, avec un fruit croissant, de manière à maintenir constante, à toute hauteur, la pression par unité de surface. A ces tours, sont joints des bâtiments pour loger les gardiens. La tour de Ras-Tina, qui mesure 50 mètres de hauteur depuis le dessous des fondations jusqu'au sommet de la coupole, 3 m. 20 de diamètre extérieur au sommet et 8 mètres à la base, est un monolithe en béton, construit par anneaux superposés de 1 m. 08 de hauteur, à l'aide d'un moule annulaire de diamètre extérieur variable. Le phare, y compris l'appareil, a coûté 86,000 francs, dont 64,000 seulement pour la tour et les bâtiments.

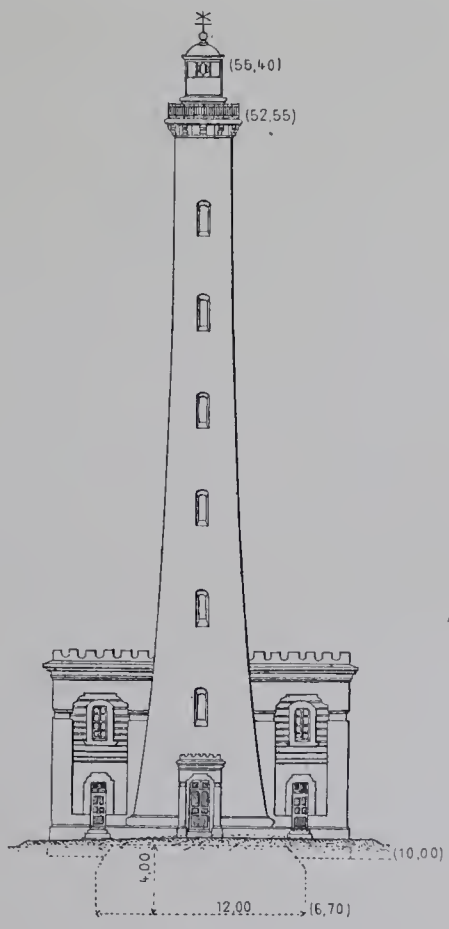


Fig. 84.
Phare de Ras-Tina (Tunisie).

Compagnie du port de Bizerte. — Il a été rendu compte précédemment (constructeurs, Hersent) des travaux exécutés et de ceux en cours d'exécution au port de Bizerte.

Callaborateur principal : M. Odent, directeur des travaux de la Compagnie.

Compagnie des chemins de fer de Bône-Guelma et prolongements. — Le réseau tunisien de la Compagnie Bône-Guelma, comprend 316 kilomètres à voie normale construits dans le nord de la Régence pour relier Tunis à la Goulette, à la frontière algérienne et à Bizerte, et 368 kilomètres à voie de 1 mètre, situés au sud de Tunis et reliant cette ville, d'une part, à Zaghouan, d'autre part, à Sousse, Kairouan et Moknine.

Parmi les lignes à voie normale, la ligne Tunis-Goulette-Marsa-Bardo (ancien réseau Rubattino), de 34 kilomètres, ouverte en 1872-1873, a été rachetée en 1898 ; la ligne de Tunis à la frontière algérienne, longue de 194 kilom. 5, a été ouverte par tronçons, à partir de Tunis, de 1878 à 1880 (Ghardimaou) et à 1884 (frontière), et le branchement de Bizerte, long de 73 kilomètres, a été ouvert en 1894.

Le réseau à voie étroite, dit *réseau Nord*, par opposition avec un *réseau Sud*, partant de Sfax et concédé à une autre Compagnie, a été livré à l'exploitation de 1895 à 1899.

L'ensemble des chemins de fer exploités par la Compagnie Bône-Guelma représente, en capital, une valeur de 71 millions. 220 kilomètres de chemins de fer à voie normale sont exploités avec une garantie d'intérêt faite par le Gouvernement français. Cette garantie n'existe pas pour le restant (96 kilomètres) des lignes à voie normale et pour la totalité du réseau à voie étroite, estimé 20 millions, en chiffres ronds. Dès aujourd'hui la recette brute de ce réseau atteint 3,000 francs par kilomètre, elle paye les frais d'exploitation; mais il reste à couvrir les insuffisances des premiers exercices. On peut espérer que, à partir de 1905, le Gouvernement tunisien commencera à toucher une partie de l'intérêt du capital de construction de son réseau non garanti. Pour le réseau à voie normale garanti, le Gouvernement français a dû verser, pour l'exercice 1898, 1,712,600 francs, à titre de garantie d'intérêt.

Collaborateurs principaux : M. l'ingénieur en chef Gust. Renault, ingénieur conseil de la Compagnie; M. Prévost, ingénieur de la construction des lignes tunisiennes.

Compagnie des phosphates et du chemin de fer de Gafsa. — Le réseau Sud à voie étroite des chemins de fer tunisiens se compose de la ligne de Sfax à Gafsa et à Metlaoui, concédée en 1896 à la compagnie des phosphates de Gafsa. Le contrat assure au Gouvernement tunisien : la construction et l'exploitation du chemin de fer sans subvention ni garantie; diverses redevances, calculées d'après le tonnage et le prix de vente des phosphates, avec minimum annuel de 150,000 francs.

Grâce à la configuration peu accidentée du sol et à l'emploi d'un wagon poseur bien combiné, qui ont permis de poser facilement 800 mètres de voie par jour (on a été jusqu'à 1,600 et même 1,800 mètres) les 243 kilomètres de voie ferrée compris entre Sfax et Metlaoui ont pu être construits en moins d'une année, à partir du 7 décembre 1897. On estime la dépense à 15,300,000 francs, à raison de 63,000 francs par kilomètre. Avec le matériel réduit dont la compagnie dispose actuellement, le transport des phosphates atteint 400 tonnes par jour, ce qui donnerait, abstraction faite des autres transports, une recette kilométrique annuelle de 4,500 francs. La recette kilométrique totale paraît devoir dépasser 6,000 francs dès la première année.

SÉNÉGAL.

Hersent et fils. — **Travaux de construction du port de Dakar.** — Il a déjà été rendu compte de ces travaux (constructeurs, Hersent), qui sont en cours d'exécution.

Nougier et Kessler. — Le grand **pont Faidherbe**, à travées métalliques, de 508 m. 30 de longueur totale, construit de 1894 à 1897, pour relier la ville de Saint-Louis au continent, a été décrit précédemment (constructeurs, Kessler et Cie).

Service des travaux publics, à Saint-Louis. — Le chemin de fer de Saint-Louis à Dakar a été construit de 1882 à 1885. Les routes charretières, en pays de protectorat, se réduisent à un parcours de 20 kilomètres, mais il existe 3,568 hilomètres de pistes bien débroussaillées, au besoin pourvues de ponts, mesurant de 8 à 10 mètres de

largeur. Les communications avec le Niger (à Bamako), ont lieu par eau, sur le Sénégal, jusqu'à Kayes. Elles se font par vapeurs fluviaux pendant cinq mois, par vapeurs et par chalands pendant cinq autres mois; elles sont interrompues, de Podor à Kayes, pendant les mois d'avril et de mai. Le chemin de fer en construction de Kayes à Bamako, sur 500 kilomètres, est exécuté jusqu'à Toukoto, sur 239 kilomètres. Les transports de Toukoto à Bamako se font par porteurs ou par automobiles. En août, septembre et octobre, le Sénégal est navigable jusqu'à Médine, sur 1,000 kilomètres, avec 3 m. 90 de tirant d'eau. Les trois villes de Saint-Louis, Dakar et Rufisque vont être pourvues, au prix de travaux difficiles, de distributions d'eau potable, par les soins de M. l'ingénieur Malenfant, directeur des travaux publics. La distribution de Rufisque fonctionne déjà. Elle est alimentée par de l'eau naturellement filtrée par le sol. Il en sera de même pour celle de Dakar. A Saint-Louis les eaux seront purifiées au moyen de réservoirs à fond de sable filtrant.

Le trafic maritime du Sénégal, importations et exportations réunies, se chiffrait, en 1889, par 38,806,000 francs. Il a atteint, en 1899, 76,144,000 francs, soit un chiffre double, en dix ans.

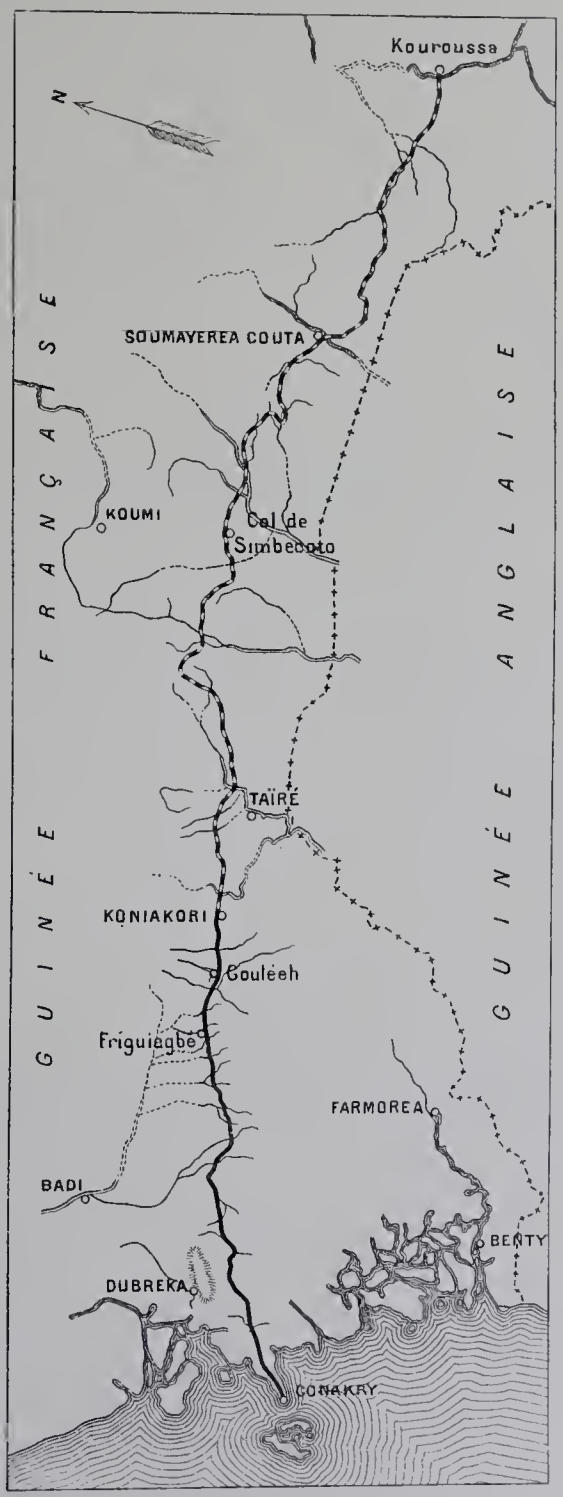


Fig. 85. — Guinée française : Chemin de fer de pénétration.

GUINÉE FRANÇAISE.

Chef du service des travaux publics, à Conakry. — La ville de Conakry, située dans une presqu'île très saine, ne comptait, en 1890, que 300 à 400 habitants; elle en possède, en 1899, plus de 12,000, dont 300 Européens. De nouveaux quartiers, percés de larges avenues, ont été disposés sur un plan régulier; on a élevé de nombreux bâtiments destinés aux différents services et au logement des fonctionnaires. Une distribution d'eau potable est en cours d'exécution.

Comité local de l'Exposition. — Une notice étendue, géographique, économique et statistique, a été publiée par le comité local de la Guinée française. On y voit notamment que le mouvement commercial de la colonie, qui était, en 1890, de 7,400,000 francs, s'est élevé, en 1899, à 25 millions. Le budget de la colonie est assez florissant pour subvenir aux dépenses d'importants travaux publics, tels que la route du Niger et la conduite d'eau de Conakry, et pour gager, en outre, l'emprunt contracté en vue de la construction du chemin de fer vers le Niger.

Route de Conakry vers le Niger, construite sur 135 kilomètres jusqu'à Frigniagbé, par M. Leprince, garde d'artillerie. On vient d'y remplacer les ponts provisoires par des ouvrages en fer et en maçonnerie. La route est praticable pour les voitures et même pour les automobiles.

Chemin de fer de pénétration vers le Niger. — Les études ont été faites de 1896 à 1899 par une mission militaire, dont les principaux membres étaient M. le capitaine du génie Salesses, chef de la mission, et M. l'adjoint du génie Naudé. La ligne, partant de Conakry, doit un jour, après un parcours d'environ 600 kilomètres, aboutir au Niger, dans un endroit — soit Kouroussa, soit un point plus en aval — où le fleuve devient navigable. Le chemin de fer est à voie unique de 1 mètre, sans tunnels, avec déclivités maxima de 0 m. 025 et courbes minima de 150 mètres. Le tracé a été étudié avec beaucoup de soin sur 132 kilomètres; et les 120 premiers kilomètres ont été adjugés en deux lots en 1900. La dépense sera de 70,000 à 120,000 francs, en moyenne 80,000 francs, par kilomètre.

CÔTE D'IVOIRE.

Comité local de l'Exposition. — Les établissements français du Grand-Bassam et d'Assinie, fondés il y a quatre siècles par des négociants dieppois, se trouvaient fort négligés par la métropole, lorsque des explorations récentes appelèrent l'attention sur la Côte d'Ivoire. Celle-ci, constituée, en 1893, à l'état de colonie autonome, a rapidement prospéré. Son trafic s'est élevé de 2,800,000 francs en 1890 à 10,554,000 fr. en 1898. Il a presque quadruplé en huit ans. Le budget de la colonie, montant à 1,260,000 francs, s'équilibre en recettes et en dépenses; il comprend une allocation de 167,000 francs pour les travaux publics. La capitale actuelle, Grand-Bassam, située au bord de la mer, est pourvue, depuis 1900, d'un appontement de 200 mètres de longueur, franchissant la barre littorale (constructeurs, Daydé et Pillé). De grands travaux, comprenant la création d'un port à Abidjean et la construction d'un chemin de fer de pénétration vers le Niger, viennent d'être étudiés par une mission d'officiers du génie militaire, MM. les capitaines Thomasset, Crosson-Duplessis, Macaire et M. l'adjoint Borne, commandés par M. le capitaine Houdaille. Ces travaux ont reçu l'approbation du comité des travaux publics des Colonies.

Port d'Abidjean. — La baie d'Abidjean est située à 40 kilomètres à l'Ouest de Grand-Bassam, dans la lagune qui longe le rivage sur presque toute l'étendue de la Côte

d'Ivoire. Cette baie a 4 kilomètres de longueur, 800 mètres de largeur et 16 mètres de profondeur. Pour y accéder, il faut creuser, dans la langue de sable séparant la lagune de la mer, un canal de 800 mètres de longueur et approfondir la lagune sur 4 kilomètres. Ces travaux peuvent s'exécuter avec la drague à succion.

La dépense du port est estimée à 3,200,000 francs, dont 2 millions pour les dragages.

Chemin de fer de pénétration. — Le chemin de fer, à voie unique de 1 mètre, partirait, soit de Grand-Bassam, soit d'Abidjean. Le point de départ provisoire est Allépé, relié par eau avec Grand-Bassam.

La ligne dirigée, au Nord, par Memni et Mopé, vers le Baoulé, traverse l'immense et plantureuse forêt tropicale qui couvre les deux tiers du territoire de la colonie. Les 150 premiers kilomètres sont complètement étudiés. Des études d'avant-projet ont été faites pour 350 autres kilomètres. La dépense kilométrique moyenne est estimée 70,000 francs si les travaux sont exécutés en régie, et 85,000 francs, s'ils sont exécutés par une compagnie. Une chute d'eau de 35 mètres, aux environs de Malamalasso, pourrait fournir, en force électrique, jusqu'à 2,000 chevaux, à employer soit au chemin de fer, soit à des scieries.

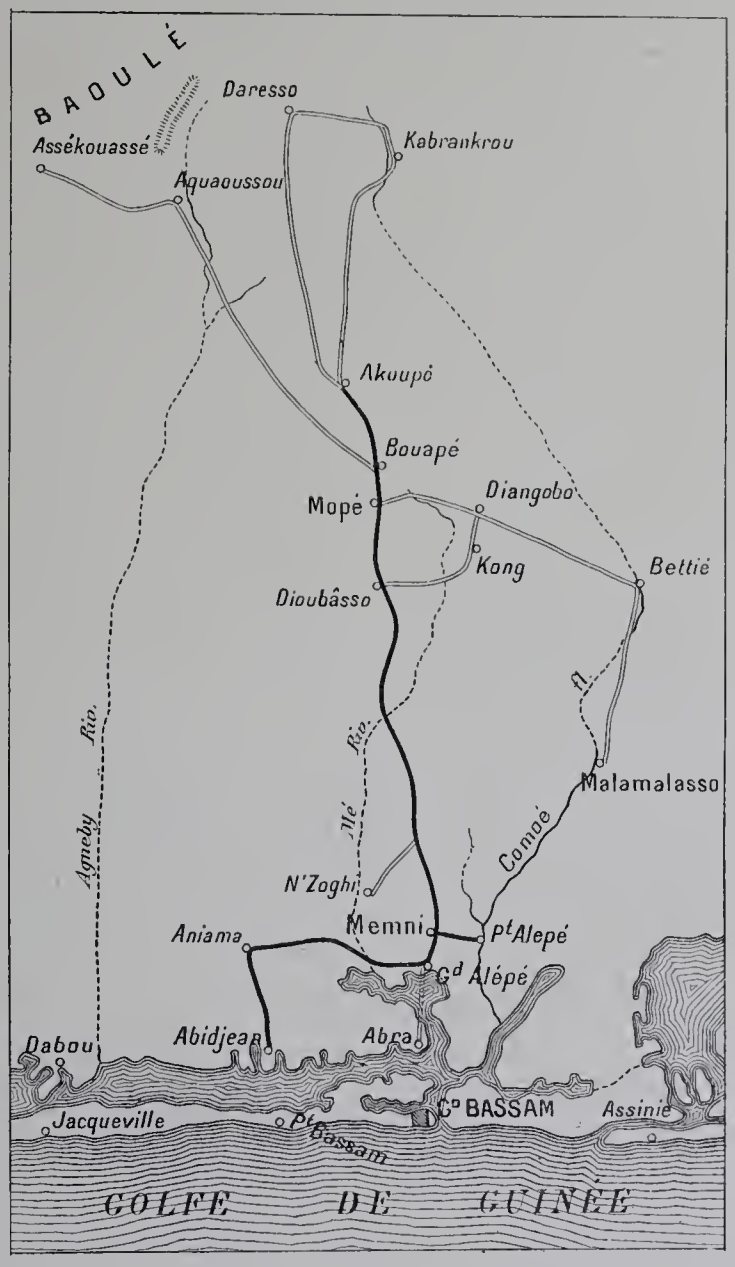


Fig. 86. — Côte d'Ivoire : chemin de fer de pénétration.

DAHOMEY ET DÉPENDANCES.

Comité local de l'Exposition, à Porto-Novo. — Le comité local a publié une notice très étendue et très circonstanciée, historique, géographique, économique, statistique, sur les établissements français de la Côte des Esclaves, formant aujourd'hui la colonie du Dahomey, organisée par le décret du 22 juin 1894. La constitution définitive de la

colonie a été amenée successivement, depuis la réoccupation, en 1856, des anciens établissements du littoral, par : la cession du territoire de Kotonou (1868) — le pro-

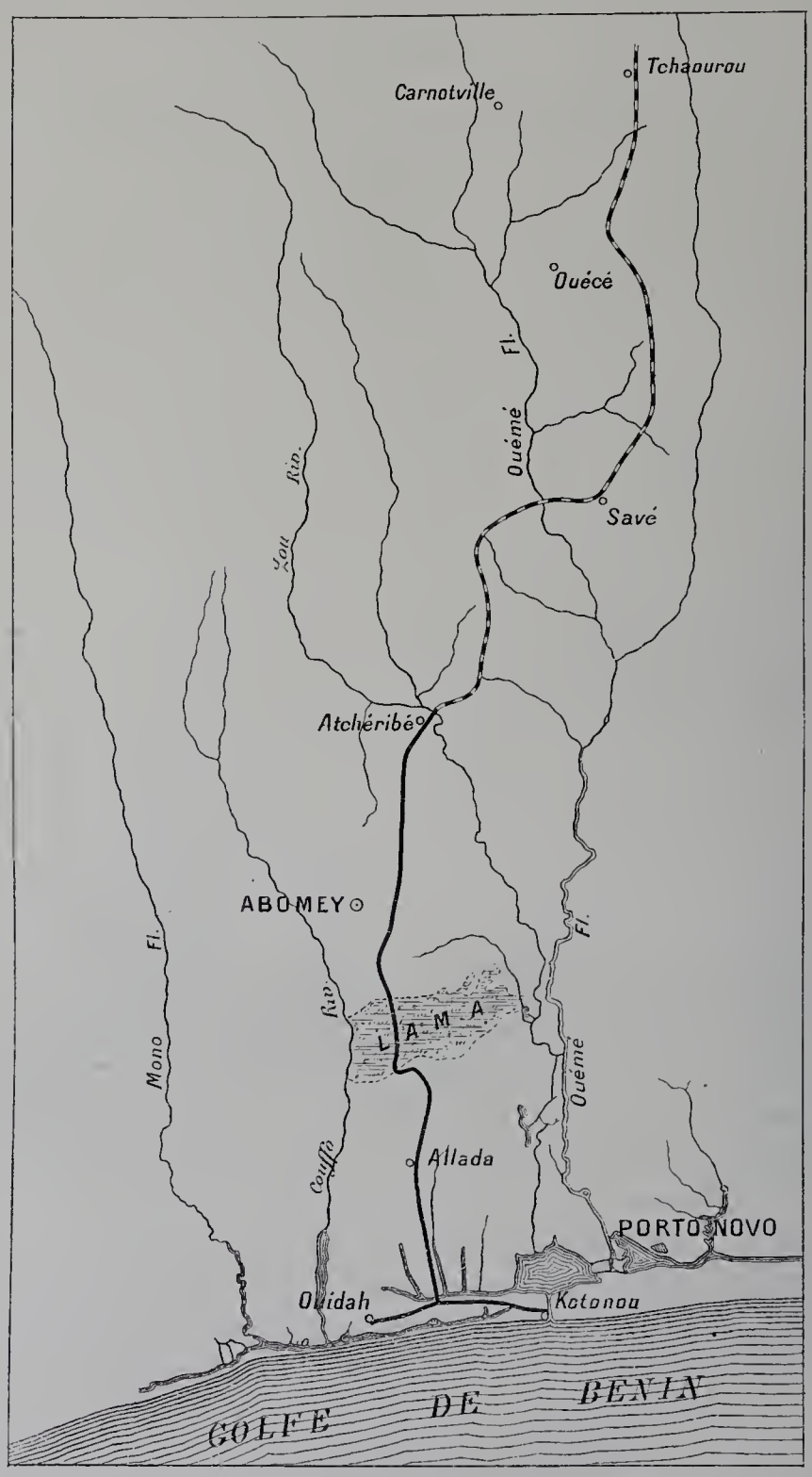


Fig. 87. — Dahomey : chemin de fer de l'Océan au Niger.

tectorat sur le royaume de Porto-Novo (1882) — la conquête du royaume de Dahomey (1892) — l'annexion du Haut-Dahomey (1894-1897) — les traités de délimitation avec l'Allemagne (1897) et avec l'Angleterre (1898).

La colonie, dont la principale production est l'huile de palme, s'est rapidement développée. Le mouvement commercial de la zone littorale, d'environ 50 kilomètres de largeur sur 100 kilomètres de profondeur, seule exploitée jusqu'ici, atteint actuellement 25 millions. Le budget de la colonie qui montait, en 1890, à 123,000 francs, en prévisions, et à 203,000 francs en recettes effectives, s'est élevé, en 1899, à 1,960,000 francs en prévisions, et à 2,790,000 francs en recettes effectives, avec 830,000 francs de plus-values. Aussi la colonie est-elle en mesure non seulement de subvenir, par ses propres ressources, à la totalité de ses dépenses normales, mais encore de payer les études et de gager les frais de construction, sur les 180 premiers kilomètres, du chemin de fer de pénétration dirigé de Kotonou vers le Niger.

L'appontement de Kotonou (Daydé et Pillé, constructeurs), établi pour soustraire aux dangers de la barre littorale, le mouvement des voyageurs et des marchandises, a été livré le 7 mars 1893.

Les transports s'effectuent, dans le bas Dahomey, soit par chaloupes à vapeur et par pirogues dans les lagunes et sur le cours inférieur des rivières, soit par porteurs dans l'intérieur du pays. Comme il n'existe pas de bêtes de somme dans cette région, les routes seraient inutiles. Il suffit de sentiers de 2 mètres de largeur, bien débroussaillés et aplanis.

Le chemin de fer de pénétration est appelé à jouer un rôle considérable. Il a été étudié du 19 mars au 6 octobre 1899; à titre de projet définitif, jusqu'à Atchéribé, sur 180 kilomètres; et à titre d'avant-projet, jusqu'à Tchaourou, à la hauteur de Carnotville sur les 180 kilomètres suivants, par une mission d'officiers du génie militaire, MM. les capitaines Fillonneau, Cambier et Bachellery, sous les ordres de M. le commandant Guyon. De Tchaourou au moyen Niger, la distance est d'environ 340 kilomètres. La ligne, à voie de 1 mètre, qui traverse de vastes pâturages au delà d'une région côtière humide et très fertile, est d'une construction facile; les déclivités sont au plus de 15 millimètres et les courbes ont au moins 150 mètres de rayon. Les terrassements (à exécuter par corvées rétribuées) sont faibles et les ouvrages d'art peu importants. La dépense pour l'ensemble de la ligne peut être estimée, en moyenne, à 57,000 francs par kilomètre, soit à 40 millions pour les 700 kilomètres compris entre Cotonou et le Niger. Les travaux ont été commencés le 1er mai 1900.

MADAGASCAR ET DÉPENDANCES.

Service des travaux publics de Tananarive. — Le service des travaux publics de l'île de Madagascar, dirigé par M. le colonel du génie Roques, directeur des travaux publics, comprend la préparation et l'exécution de tous les travaux de voirie, maritime, fluviale et terrestre, de salubrité et de bâtiment, payés sur le budget de la colonie.

Travaux maritimes. — On s'est contenté jusqu'ici d'améliorer les moyens d'embarquement et de débarquement par la construction d'appontements ou wharfs perpendi-

culaires à la côte. Il en existe deux à Tananarive, et l'on en construit un troisième, entièrement métallique, de 300 mètres de longueur (constructeur, Société de construction mécanique de Levallois-Perret). A Majunga, un warf métallique a été construit au moment de l'expédition. Il existe deux appontements à Diégo-Suarez.

Depuis l'occupation (septembre 1895) on a amélioré le système d'éclairage de Diégo-Suarez et établi plusieurs phares métalliques avec feux-éclairs : deux à l'entrée de Majunga, deux à Tamatave, un (en construction) de 50 mètres d'élévation, au cap d'Ambre, à la pointe Nord de l'île.

Canal des Pangalanes. — De Tamatave à Farafangana, sur environ 600 kilomètres, règne, le long du littoral, un cordon de sable séparé de la terre ferme par une dépression que remplissent les rivières de l'intérieur. En général, la dépression est assez profonde pour former une lagune navigable, mais elle se relève sur certains points jusqu'à émerger parfois au-dessus de l'eau, constituant alors des seuils, dits *pangalanes,* qui joignent la terre au cordon littoral. Pour obtenir une navigation continue, il suffit de percer les pangalanes et de draguer les hauts fonds. Ce travail, commencé par les Hovas, est en cours d'exécution. Le projet a été dressé, sur 100 kilomètres, entre Tamatave et Andevorante, et sommairement étudié d'Andevorante à l'embouchure du Faraony, sur 352 kilomètres. Il suffira pour rendre navigables ces 450 kilomètres de lagunes, d'exécuter 1,100,000 mètres cubes de terrassements et 1,200,000 mètres cubes de dragages. C'est à peine si la dépense atteindra celle qu'occasionnerait la construction d'une route ordinaire.

Routes. — Avant l'occupation, le portage à dos d'homme dans les pistes étroites était le seul mode de transport. Depuis l'occupation, on a construit deux routes carrossables : celle de Tamatave à Tananarive, mesurant 340 kilomètres, dont 100 kilomètres de voie d'eau (canal des Pangalanes) et 240 kilomètres de voies de terre; et celle de Majunga à Tananarive, mesurant 550 kilomètres, dont 225 de voie d'eau (rivière Betsiboka) et 325 kilomètres de voie de terre. Cette dernière route, plus facile à construire que la première, dont l'exécution a présenté, sur certains points, de sérieuses difficultés, a été tracée en rectifiant convenablement la route improvisée pour l'expédition militaire. Les deux routes ont 5 mètres de largeur, 2 mètres de chaussée empierrée, au plus 8 centimètres de pente, au moins 10 mètres de rayon dans les courbes. On circule en automobile sur la route de Tamatave. Celle de Majunga, entreprise seulement à partir de la fin de 1897, n'est pas encore complètement terminée. Diverses autres routes, achevées en tout ou en partie, s'exécutent entre Tananarive, d'une part, Fianarantsoa, Mandritsara, Ankavarana, d'autre part. En somme, 1,500 kilomètres de voies terrestres sont livrées ou seront prochainement livrées à la circulation.

Chemin de fer de Tamatave à Tananarive. — Le projet adopté est celui du colonel Roques, directeur des travaux publics, qui l'a étudié sur le terrain avec des officiers

du génie militaire. Un emprunt de 60 millions, à contracter par la colonie, et récemment approuvé, va en permettre l'exécution. Le tracé, d'une longueur totale de 396 kilomètres, comprend trois sections. La première, de Tamatave à Aniverano (106 kilomètres), sera remplacée jusqu'à nouvel ordre par une voie navigable, formée d'abord, jusqu'à Andevorante, par le canal des Pangalanes; puis d'Andevorante à Aniverano, par le Jaroka et son affluent la Vohitra, navigables en tout temps avec 1 mètre de tirant d'eau. La seconde section s'étend d'Aniverano au Mangoro, sur 180 kilomètres. Le tracé y franchit une première ligne de faîte, au col de Tangaina (930 mètres) pour redescendre (à 820 mètres) au Mangoro. Cette dernière section doit être seule exécutée d'abord. La troisième, longue de 110 kilomètres, va du Mangoro à Tananarive (1,370 mètres) en franchissant le col de l'Ankofiky (1,480 mètres).

La construction en est différée; on emploiera provisoirement la route pour ce parcours.

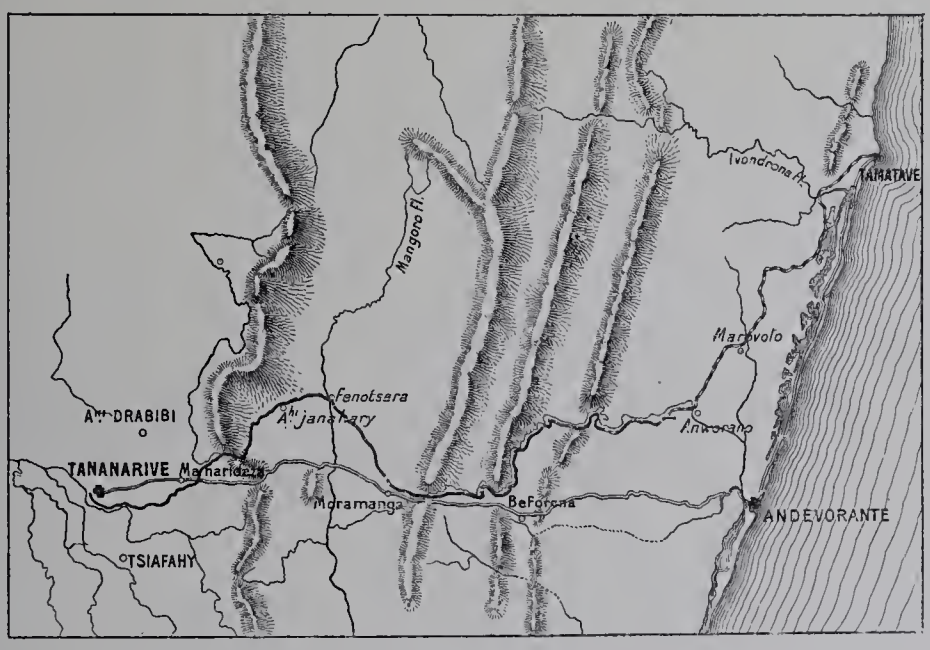


Fig. 88. — Madagascar : chemin de fer de Tamatave à Tananarive.

Le chemin de fer est à voie unique de 1 mètre, avec rails de 22 kilogrammes posés sur des traverses métalliques. Le rayon minimum des courbes est fixé à 50 mètres et le maximum des déclivités à 25 millimètres, sauf quelques cas exceptionnels, où il atteindra 30 et même 35 millimètres. Les seuls ouvrages d'art de quelque importance sont : un pont métallique de 100 mètres, sur le Mangoro, et quelques tunnels, dont le plus long mesure 250 mètres.

Travaux d'assainissement. — Les principales agglomérations sont défectueuses sous le rapport de la salubrité. Tamatave surtout laisse à désirer. Les maisons y sont insalubres. Les rues, étroites et tortueuses, sont encombrées d'eaux stagnantes pendant la saison des pluies; les eaux de consommation sont souillées. Pour remédier à ces défauts, on perce des voies spacieuses, on écoule les eaux, on amène des eaux potables.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Déjà des conduites d'eau existent à Nossi-Bé et à Diégo-Suarez; des projets sont dressés pour Tamatave et Tananarive; on recherche, à Majunga, des eaux artésiennes.

INDO-CHINE.

Gouvernement général de l'Indo-Chine. — La conquête de Saïgon en 1859, puis celle de la Cochinchine; les protectorats de la France sur le Cambodge (1863 et 1884) et sur l'Annam (1883); la souveraineté de la France sur la rive gauche du Mékong, avec attribution du bassin du Mékong à l'influence française (1893 et 1896) ont constitué, par le groupement successif de ces cinq États ou territoires, l'Indo-Chine française, dont les diverses parties tendent, avec quelques différences dans la forme, vers l'unification administrative. Les travaux publics, entrepris en Cochinchine dès les premiers temps de l'occupation et, au Tonkin, à partir de 1890, ont reçu depuis la pacification générale du pays, obtenue en 1896, une vigoureuse impulsion, grâce à deux emprunts : l'un de 80 millions, l'autre de 200 millions, contractés en 1896 et en 1898.

Le trafic extérieur de l'Indo-Chine s'est élevé, en 1898, à 230 millions de francs. Si l'on ajoute le cabotage (56 millions) et le transit vers l'Yunnan (13 millions), on obtient, en 1898, pour le commerce général de l'Indo-Chine, le chiffre d'environ 300 millions de francs.

Principaux collaborateurs : MM. les ingénieurs en chef Maurice Renaud, ancien directeur général des travaux publics; Guillemoto, directeur général des travaux publics; Gubiand, directeur des travaux publics de la Cochinchine; Dardenne, directeur des travaux publics du Tonkin; MM. les ingénieurs Picarougue, directeur des travaux publics de l'Annam et Wiart, chargé de l'étude des voies de pénétration en Chine.

Cochinchine. — Cette colonie qui, avec le Cambodge, a exporté, en 1899, 800,000 tonnes de riz, et dont le trafic s'est élevé, en cette même année, à 175 millions de francs (contre 161 millions en 1898) est la contrée la plus riche de l'Indo-Chine. Elle possède un chemin de fer de 71 kilomètres, à voie de 1 mètre, reliant ensemble les trois principaux centres de population et de commerce : Saïgon, Cholon et Mytho. Elle est sillonnée dans la région basse de canaux, dont plusieurs ont été élargis ou creusés à neuf. On y achève la construction de 3,000 kilomètres de routes empierrées, qui franchissent les canaux au moyen de ponts fixes ou levants, dont les principaux ont été signalés précédemment (constructeurs, Société de constructions mécaniques de Levallois-Perret). Le port de Saïgon, situé sur un bras du Mékong, à 40 milles du cap Saint-Jacques, peut recevoir les navires du plus fort tonnage. Il possède un bassin de radoub et des appontements, dont plusieurs à tabliers métalliques sont de construction récente (constructeurs, Société de constructions mécaniques de Levallois-Perret).

Un nouveau chemin de fer, dont la construction est autorisée pour la première section, reliera Saïgon à Khanh-Hoa et au plateau de Lang-Biang.

Cambodge. — Une belle voie de communication (chaussée en maçonnerie) a été restaurée de Kampot à Oudong; elle est reliée à Pnom-Penh, la capitale actuelle. Une autre route va de Oudong à Battambang, en longeant le grand lac de Toulé-Sap; une troisième suit la rive du Mékong, de Pnom-Penh à l'embouchure du fleuve. Des travaux de dragage et de dérochage sont entrepris dans le Mékong, pour y faciliter la navigation.

Annam. — Le royaume d'Annam forme, sur la côte de la mer de Chine, une bande longue et étroite, mesurant environ 1,200 kilomètres de longueur sur 150 kilomètres de largeur moyenne. Les communications s'y font surtout par eau, à la faveur des rivières, des canaux et des lagunes côtières. Les rivières, toutefois, ont leurs embouchures obstruées par des barres, parfois infranchissables. Une très ancienne route, dite *route mandarine*, part de la Cochinchine, traverse tout l'Annam en suivant la mer et, parvenue au Tonkin, gagne la Chine par Hanoï et Langson. Ce n'était qu'un sentier pour piétons et cavaliers. On l'a perfectionnée et rendue carrossable dans certaines parties, notamment de Tourane à Hué par le col des Nuages. Elle sera doublée un jour par le chemin de fer de Saïgon à la frontière de Chine, dont plusieurs sections sont maintenant construites, en cours d'exécution ou à l'étude. On établira d'abord, au centre de l'Annam, le tronçon de Tourane à Hué, dont le prolongement au Sud, jusqu'à Khanh-Hoa et, au Nord, jusqu'à Vinh, complétera cette grande ligne. Un ouvrage considérable, déjà décrit (constructeurs, Schneider et Cie), le pont-route de Hué, de construction récente, a été exécuté aux frais du royaume d'Annam, pour relier, au travers de la rivière de Hué, la ville française à la ville annamite.

Tonkin. — D'importants travaux de viabilité, d'assainissement et de distribution d'eau potable, exécutés à Hanoï, en ont fait une très belle ville, salubre et agréable à habiter. Elle est en relations, par eau, avec les différentes parties du Delta et notamment avec le port de Haïphong, créé à partir de 1874, d'où partent les lignes de navigation maritime et fluviale desservant le Tonkin. On creuse une nouvelle passe d'accès à ce port, afin de permettre aux plus forts navires d'y parvenir en tout temps.

Le fleuve Rouge et ses affluents, navigables dans la région basse, sont coupés de hauts-fonds dans la région montagneuse. Pour améliorer la navigation du fleuve Rouge jusqu'au Yunnan, un service de touage à vapeur sur chaîne mouillée a été concédé, à la fin de 1897, entre Yén-Bay et Lao-Kay, sur 146 kilomètres. Le système de digues, établies pour protéger les rizières contre les inondations, a été rationnellement amélioré et développé. De nombreuses routes, viables, quoique non encore empierrées pour la plupart, ont été ouvertes dans la région, autrefois presque inaccessible, du Haut-Tonkin.

Un chemin de fer, à voie de 0 m. 60, avait été livré en 1894 sur une centaine de kilomètres, entre Phu-Lang-Thuong et Langson. On vient de porter à 1 mètre la largeur de la voie et on achève de prolonger la ligne, longue à présent de 168 kilomètres, au

Nord, de Langson à la frontière de Chine, au Midi, de Phu-Lang-Thuong à Hanoï. Ces travaux ont nécessité la construction de plusieurs ouvrages importants, déjà décrits,

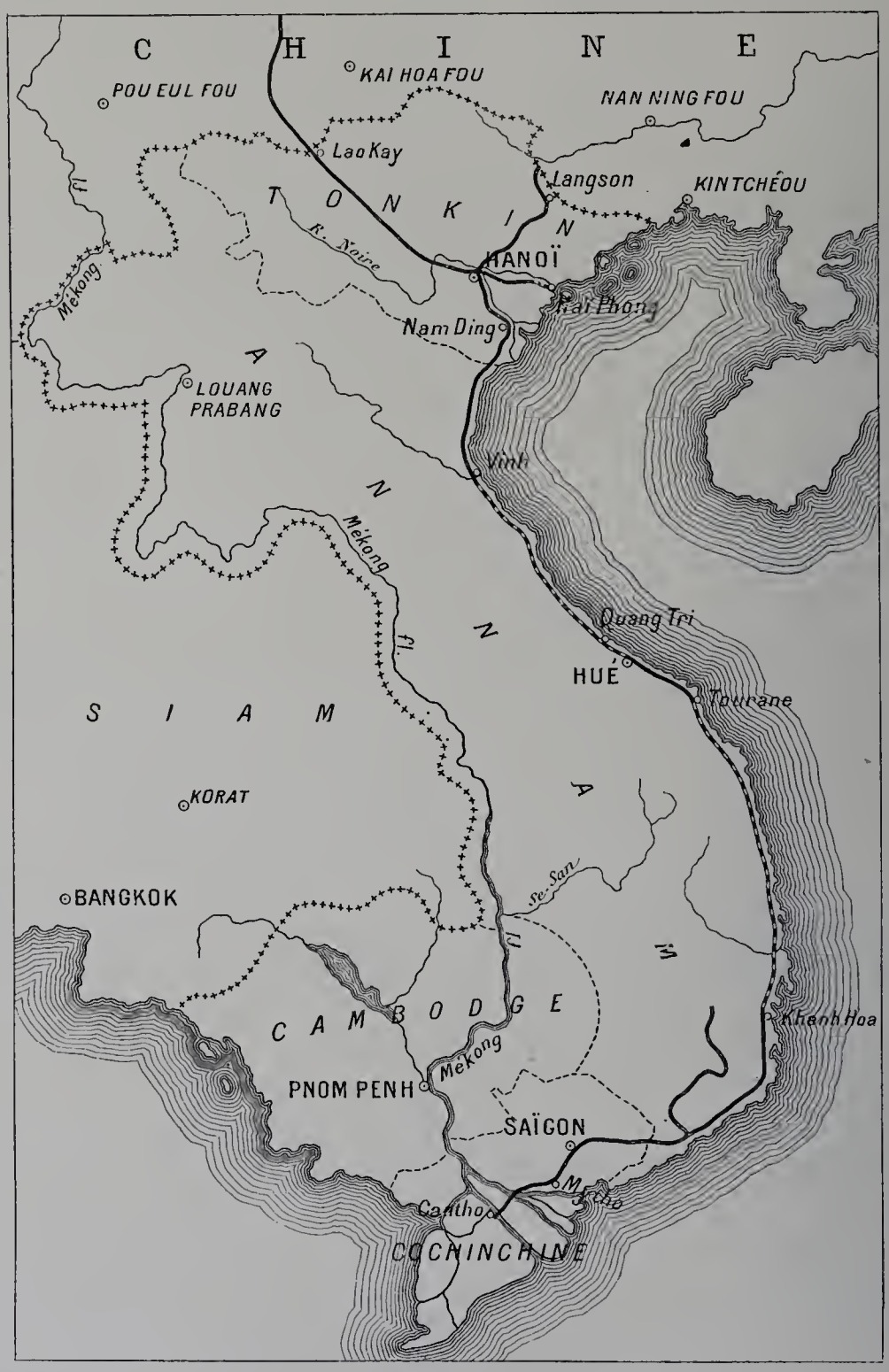


Fig. 89. — Indo-Chine.

savoir : un très grand pont, en cours d'exécution, mesurant 1,680 mètres de longueur en 19 travées, qui traverse le fleuve Rouge à Hanoï (constructeurs, Daydé et Pillé) et quatre autres ponts récemment achevés, de 90 mètres, 130 mètres, 170 mètres et

225 mètres d'ouverture entre les culées (constructeurs, Schneider et Cie). On entreprend trois autres lignes sur les fonds du dernier emprunt : l'une de Hanoï à Haïphong; une autre de Hanoï à Vinh, qui sera prolongée plus tard jusqu'à Hué; une troisième de Hanoï à Viétri, que l'on poussera ultérieurement jusqu'à Lao-Kay, à la frontière du Yunnan.

Laos. — Quelques travaux de routes et d'amélioration du Mékong sont en cours dans le Laos. On projette de relier cette région à l'Annam par deux voies ferrées transversales, joignant le Mékong à la future ligne côtière de la Cochinchine à la Chine.

ALLEMAGNE.

Le catalogue officiel de la Section allemande de l'Exposition évalue, en ce qui concerne les travaux publics, le développement économique de l'Allemagne, d'après la production des principaux matériaux de construction, fer et ciment, fournis par l'industrie. De 1888 à 1898, la production de la fonte a passé de 4,337,421 à 7 millions 402,717 tonnes, et celle du ciment de Portland de 7,950,000 à 14,700,000 tonneaux de 170 kilogrammes. Cette dernière production a presque doublé. Celle du fer et de l'acier, dont les chiffres ne sont qu'incomplètement donnés, aurait augmenté dans une proportion plus forte. On peut juger, par ces progrès, de ceux qui se sont accomplis parallèlement dans les voies de communication. Ils ont été extrêmement remarquables, pour ce qui est surtout de la navigation intérieure, de la navigation maritime et des constructions métalliques de toute sorte : ponts, halles, engins de manutention, etc.

Relativement à la construction des chemins de fer, l'Allemagne n'expose que des ouvrages d'art. Son réseau de voies ferrées, qui comprenait 41,448 kilomètres au 31 décembre 1889, en comprend 50,511 au 31 décembre 1899. Ce réseau, encore supérieur en étendue à celui de la Russie, est le plus considérable de ceux qui existent dans les États européens.

Il y a un demi-siècle qu'on a commencé à construire, sur les principaux fleuves allemands, le Rhin, l'Elbe, la Vistule, au grand avantage de la navigation, des ponts à grandes travées, de 90 à 120 mètres d'ouverture. Les plus anciens sont à poutres droites, avec treillis serrés. Maintenant, on donne la préférence, pour franchir les grandes ouvertures, aux arcs articulés aux naissances, portant le tablier, soit à leur partie supérieure, soit, plus souvent, vers leur pied. Pour diminuer, autant que possible, les efforts secondaires dus à la rigidité des assemblages, on s'attache à substituer, dans la liaison des tiges de suspension avec les arcs et dans celle des pièces de pont avec ces tiges, des articulations aux assemblages rivetés. On a construit, depuis 1889, 15 ponts ayant une ou plusieurs travées d'au moins 90 mètres de portée. Les plus grandes sont franchies par des arcs. Elles appartiennent aux ponts-routes de Bonn (187 m. 20) et de Dusseldorf (181 m. 25), sur le Rhin. Ces grands ouvrages, exécutés en acier, sont ouvrés et mis en place par de puissantes maisons de construction, dont la production annuelle dépasse, pour plusieurs d'entre elles, 12,000 tonnes. Quelques-unes de ces maisons travaillent beaucoup pour l'étranger et exécutent des commandes pour toutes les parties du monde.

Une branche intéressante de l'art des constructions, qui s'est développée spécialement dans le Wurtemberg, est celle des ponts en maçonnerie avec articulations métalliques. On a résolu le problème de construire en béton des ponts très légers à triple articulation en acier, mesurant 50 mètres d'ouverture et surbaissés au dixième.

Le développement des ports maritimes de l'empire d'Allemagne a marché de pair avec celui de la marine allemande, dont les progrès ont été si considérables dans le dernier quart de siècle, comme le montre le tableau suivant, qui donne, en tonnes, le trafic total des six principaux ports de l'empire, en 1875, 1890 et 1898.

	1875.	1890.	1898.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Kœnigsberg	785,637	899,573	1,171,117
Dantzig	821,788	939,932	1,442,231
Lubeck	825,525	1,482,464	1,762,303
Stettin	"	2,042,937	3,178,717
Brême	1,040,179	2,265,388	3,624,388
Hambourg	2,720,966	7,519,296	12,258,922

Le trafic réuni de ces six principaux ports a été, en 1898, quadruple de ce qu'il était en 1875. Hambourg est devenu, avec une rapidité extraordinaire et une avance considérable, le premier port de l'Europe continentale et l'un des trois ou quatre plus grands ports du monde. Rien n'a été négligé pour favoriser l'accroissement du trafic dans les ports allemands. On n'a pas attendu, pour approfondir les chenaux d'accès, pour creuser de nouveaux bassins, pour augmenter les longueurs de quais, pour construire des magasins et des hangars, installer des grues, des élévateurs, des voies ferrées, que l'augmentation du tirant d'eau des navires et l'encombrement des quais eût démontré l'insuffisance des anciennes installations; on a été et on va de plus en plus au-devant des besoins, de manière à n'en laisser aucun en souffrance. C'est ainsi, par exemple, que, pour parer à la fâcheuse infériorité qui résulte, pour les ports de la mer du Nord et surtout pour ceux de la Baltique, de l'interruption du trafic résultant de la congélation des rivières et des estuaires pendant plusieurs mois d'hiver, les municipalités ou les chambres de commerce des grands ports ont créé une flotte de bateaux à vapeur brise-glaces, qui maintiennent la navigation libre jusqu'à la mer.

Mais c'est encore dans ses voies de navigation intérieure que l'Allemagne a fait, en dernier lieu, les plus signalés progrès. Elle avait, avant 1866, peu de canaux et ces canaux laissaient fort à désirer; ses grands fleuves étaient mal utilisés. On a commencé par améliorer ceux-ci en les régularisant, en les approfondissant, en y échelonnant des barrages mobiles. Depuis 1889, on s'est mis à creuser des canaux, et cela sur une très vaste échelle, en appliquant à ces entreprises des sommes considérables : le canal maritime Empereur-Guillaume ou canal de Kiel, unissant par voie directe la mer du Nord à la mer Baltique; le canal de Dortmund à l'Ems, joignant les centres industriels de la Westphalie au port d'Emden; le canal de l'Elbe à la Trave, mettant Lubeck en communication directe avec Hambourg et la mer du Nord; la canalisation de l'Oder supérieur, ouvrant un débouché aux houilles de la Silésie. Le canal de Kiel est établi pour donner passage aux plus grands navires de mer. Les canaux intérieurs sont dis-

posés pour recevoir des bateaux de 55 à 65 mètres de longueur. 8 m. 20 de largeur, et 2 mètres de tirant d'eau, pouvant porter jusqu'à 600 tonnes de marchandises. On se donne pour règle, dans l'établissement de ces canaux, d'en faciliter l'exploitation plutôt que de les construire au plus bas prix. Non seulement on diminue le nombre des écluses en leur donnant de grandes chutes, mais on fait, autant que possible, de très longs biefs, sauf à asseoir le canal sur des remblais atteignant 12 mètres de hauteur. Des ouvrages d'art très remarquables, tels que l'ascenseur à flotteurs de Henrichenburg et les portes de sûreté des grands biefs, sur le canal de Dortmund à l'Ems, tels encore que les écluses à siphons et à portes manœuvrées à l'air comprimé du système Hottopp, témoignent de l'intérêt avec lequel sont étudiées toutes les questions de navigation intérieure. De vastes ports fluviaux : Ruhrort-Duisbourg, Hambourg, Mannheim, Cologne, Cosel, Dortmund, Kehl, etc., assidûment développés ou nouvellement créés, rivalisent avec les ports maritimes par l'ampleur de leurs installations et l'abondance de leur outillage.

Grâce à ces travaux et à ces progrès, l'ensemble du trafic des voies navigables allemandes a passé de 19,600,000 tonnes, en 1875, à 45,280,000 tonnes, en 1895, c'est-à-dire qu'il a plus que doublé en vingt ans. Dans cet intervalle, le trafic des grands ports du Rhin, Ruhrort-Duisbourg, s'est élevé de 2,935,000 à 7,416,000 tonnes; celui de Hambourg (fluvial) a passé de 799,000 à 3,580,000 tonnes; celui de Mannheim de 736,000 à 3,280,000 tonnes, etc. La répartition du trafic général de l'empire d'Allemagne, entre la navigation intérieure et les chemins de fer, qui était, en 1875, de 21 p. 100 pour la navigation intérieure et de 79 p. 100 pour les chemins de fer, a été, en 1898, de 25 p. 100 pour la navigation et de 75 p. 100 pour les chemins de fer; et cela, quoique la longueur de ceux-ci ait presque doublé, tandis que celle des voies navigables est restée presque stationnaire; mais l'effet des perfectionnements apportés à ces dernières a plus que compensé l'effet du développement donné aux chemins de fer.

De nouveaux travaux, encore plus considérables que ceux qu'on vient d'exécuter, sont à la veille d'être entrepris. Un projet de loi est présenté aux parlements prussien et allemand pour la construction d'un vaste ensemble de voies navigables intérieures. La dépense doit monter à 486 millions de francs. Ce projet comprend un canal entre le Rhin (près Ruhrort) et l'Elbe (près Madgdebourg), des voies navigables entre Berlin et Stettin, entre l'Oder et la Vistule, entre la Silésie et le canal de l'Oder à la Sprée; il comprend, en outre, la régularisation de l'Oder inférieur, de la Sprée et de la Havel inférieures. L'œuvre maîtresse est le canal du Rhin à l'Elbe, qui empruntera, de Herne à Munster, sur une longueur de 65 kilomètres, formant un seul bief, le canal déjà construit de Dortmund à l'Ems. Ce grand canal central, qui mesurera 466 kilomètres et coûtera 325 millions, ne comptera que six écluses de Munster à l'Elbe. Un bief unique de 210 kilomètres joindra Munster à Hanovre et sera suivi d'un autre bief de 92 kilomètres. Quand l'ensemble des travaux prévus au projet sera exécuté, tous les fleuves de l'Allemagne du Nord, rendus navigables aussi loin que possible vers leurs

sources, seront unis entre eux par une voie de grande navigation, traversant la vaste plaine septentrionale, à 150 ou 200 kilomètres de la mer, depuis la frontière de Pologne jusqu'au Rhin, et desservant, par des rameaux jetés vers le Sud, les centres miniers et industriels de la Westphalie, du Hartz et de la Silésie.

La Section allemande de la Classe 29 se recommande par l'abondance et la belle exécution des modèles et des dessins, par l'ordre avec lequel ils sont disposés et par la multiplicité des documents techniques qui les accompagnent. Il sera rendu compte des travaux qu'ils représentent en suivant le même ordre que pour la France : Administrations publiques. — Compagnies, chambres de commerce, municipalités. — Constructeurs, entrepreneurs. — Particuliers.

Les principaux organisateurs de l'exposition de l'empire d'Allemagne ont été : M. l'ingénieur en chef R. Eger; M. le professeur E. Hoffmann; MM. les ingénieurs P. Möller et O. Tugendhat, et M. G. Voigt, constructeur de modèles.

DIRECTION IMPÉRIALE DES CANAUX, À KIEL.

Canal Empereur-Guillaume (dit aussi **canal de Kiel**). — Depuis le moyen âge, on s'est préoccupé de percer la presqu'île du Jutland à sa base pour établir, entre la mer du Nord et la mer Baltique, une communication plus rapide et plus sûre que le trajet par la pointe nord du Danemark et par les détroits. On construisit, dès la fin du XIVe siècle, de 1391 à 1398, le canal de l'Elbe à la Trave ; puis, au commencement du XVIe siècle, le canal de l'Alster, bientôt hors d'usage, puis encore, de 1777 à 1784, le canal de l'Eider, entre Kiel et Tönning; mais cette dernière voie d'eau ne pouvait rendre que peu de services, à raison de sa faible profondeur, de ses nombreuses courbes et des 6 écluses qui existaient sur son parcours. Les études du grand canal à niveau entre la mer Baltique et la mer du Nord furent entreprises, en 1864, aussitôt après la conquête du Schleswig-Holstein. La loi d'Empire du 16 mai 1886 décida la construction et fixa le tracé entre l'embouchure de l'Elbe et la baie de Kiel. La dépense était évaluée à 195 millions de francs, sur lesquels la Prusse devait fournir 62 millions 5. L'empereur Guillaume Ier posa la première pierre le 3 juin 1887. Huit ans après, conformément aux prévisions, Guillaume II inaugurait le canal (20 juin 1895).

Celui-ci mesure 93 kilom. 65 de longueur et au moins 9 mètres de profondeur au-dessous du niveau moyen, qui est à peu près celui du port de Kiel. La largeur au plafond est de 22 mètres dans les alignements droits et dans les courbes de rayon supérieur à 2,500 mètres. Elle est augmentée de 6, de 11 et de 16 mètres dans les courbes de 2,000, de 1,500 et de 1,000 mètres de rayon. Les talus sont à bermes échelonnées et revêtues en pierre, depuis 2 mètres au-dessous jusqu'à 1 mètre au-dessus du niveau moyen. A 6 m. 17 au-dessous de ce niveau, la largeur utilisable est de 36 mètres, ce qui permet le croisement de deux des plus grands navires en usage

sur la Baltique. Pour le croisement des très grands bâtiments ou de ceux qui gouvernent difficilement, on a ménagé, en plus des lacs de l'Eider supérieur, traversés par le canal, 7 gares d'évitement espacées d'environ 12 kilomètres, mesurant 60 mètres

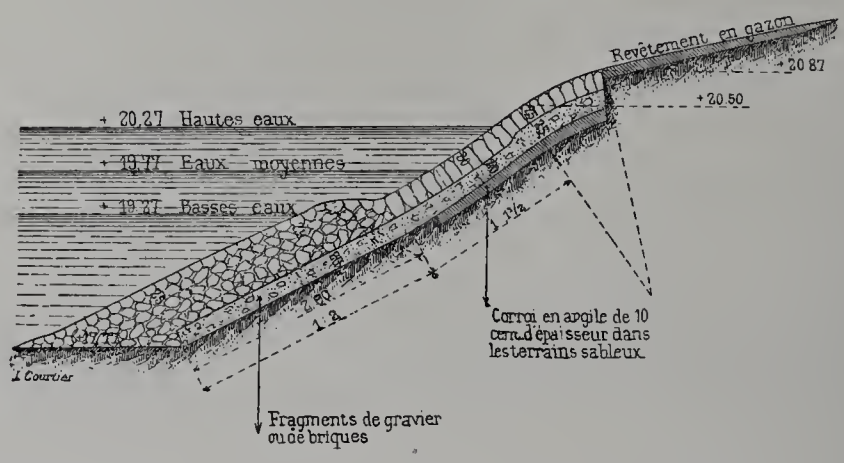


Fig. 90. — Profil appliqué aux 11e, 13e, 14e, 15e et 16e lots.
Revêtement en maçonnerie.

de largeur au plafond, sur une longueur qui, fixée d'abord à 600 mètres, sera portée à 1,000 mètres. Dans le lac d'Audorf est prévue une gare de virage pour les navires de toutes dimensions.

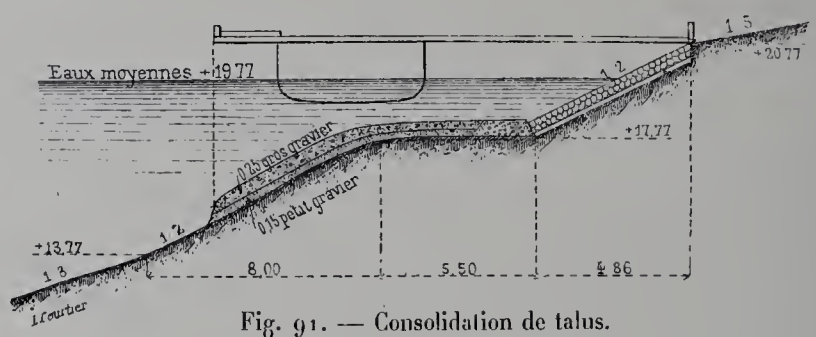


Fig. 91. — Consolidation de talus.

Écluses. — A chaque extrémité se trouve une écluse double dont chaque sas mesure 25 mètres d'ouverture et 150 mètres de longueur utilisable. A chacune de ses deux têtes, chaque écluse a deux couples de portes, les unes de flot, les autres d'èbe. En outre, deux couples de portes d'arrêt sont installées au milieu de chaque sas pour interrompre le courant et permettre de fermer les portes extrêmes dans une eau tranquille. A cet effet, ces portes d'arrêt se composent d'un bâti dont les vides peuvent être, à volonté, ouverts ou clos par des panneaux mobiles. Toutes ces portes, construites en métal, se manœuvrent à l'eau comprimée.

Une écluse, de 12 mètres de largeur et de 68 mètres de longueur, met le canal en communication avec l'Eider inférieur.

Ponts, bacs. — Les ponts, au nombre de 6, dont 2 fixes et 4 tournants, font passer sur le canal 4 lignes de chemin de fer, dont une à double voie, et 3 routes. Chaque

pont fixe porte une route et une voie ferrée ; 3 ponts tournants portent chacun une voie ferrée; le quatrième porte une route. 13 bacs à câble en fil métallique, manœuvrables à la main, sont établis pour la traversée des chemins vicinaux.

Ponts tournants. — Ces ponts, à bras inégaux, reposent chacun sur une pile de 9 mètres de diamètre, établie sur le talus noyé de la rive gauche. La volée s'appuie à son extrémité sur un pilier de 5 mètres de diamètre établi sur le talus de la rive droite et relié à cette rive par un tablier fixe. Elle franchit une ouverture de 50 mètres laissée à la navigation entre ses deux supports. La culasse, de 33 mètres de longueur, est chargée à son extrémité, de manière à posséder une prépondérance de 20 tonnes. Elle

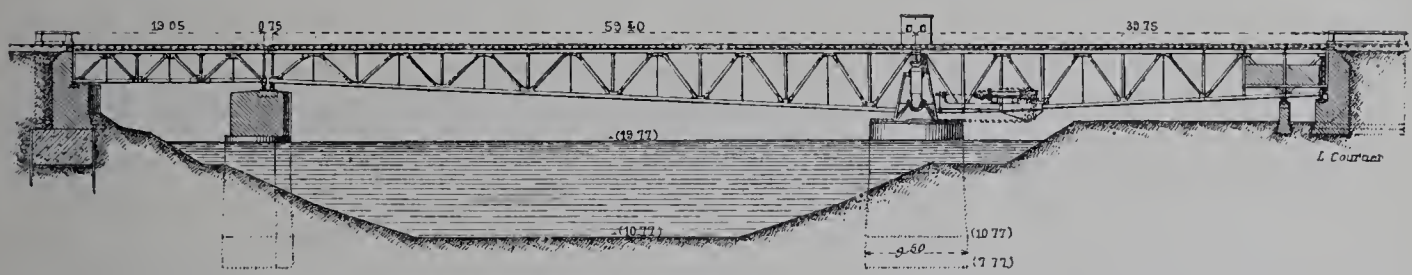


Fig. 92. — Ponts tournants d'Osterrœnfeld sur le canal de Kiel. Coupe longitudinale.

porte aussi une paroi verticale en tôle ondulée, calculée en surface, de telle sorte que les actions du vent se fassent équilibre de part et d'autre de l'axe du pont. Au repos, le pont porte sur trois appuis. Pour mouvoir le système, on soulève l'appui intermédiaire qui consiste en une presse hydraulique établie sur la pile de rotation. La surcharge de la culasse fait basculer le pont qui repose dès lors sur la tête du piston et sur les galets de roulement disposés en arc de cercle sous l'extrémité de la culasse. Le mouvement de rotation est donné par des palans hydrauliques.

Ponts fixes. — Les deux ponts de *Grünenthal* (1891-1892) et de *Levensau* (1892-1893) se composent chacun d'une seule arche, formée de deux arcs articulés aux naissances, butés contre des soutiens en maçonnerie qui se terminent en forme de tours.

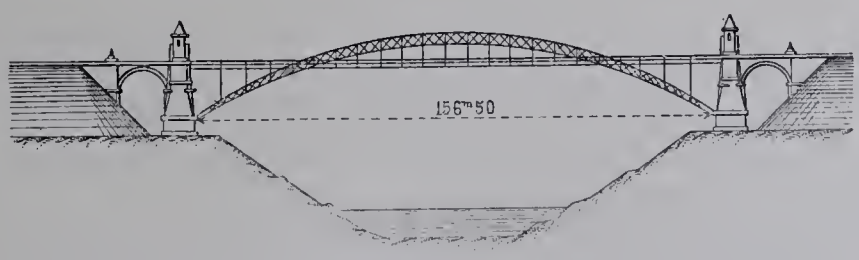


Fig. 93. — Pont de Grünenthal sur le canal de Kiel.

L'arc du pont de Levensau est à semelles parallèles réunies par des croisillons ; celui du pont de Grünenthal est en forme de croissant avec une âme croisillonnée. Le tablier du premier passe à la hauteur du sommet de l'arc ; celui du second passe à une hauteur intermédiaire, entre les naissances et le sommet de l'arc, de manière à être sus-

pendu sur la moitié de sa longueur et appuyé sur les deux quarts extrêmes de cette longueur. La portée (entre les articulations) et le poids du métal sont : pour le pont de

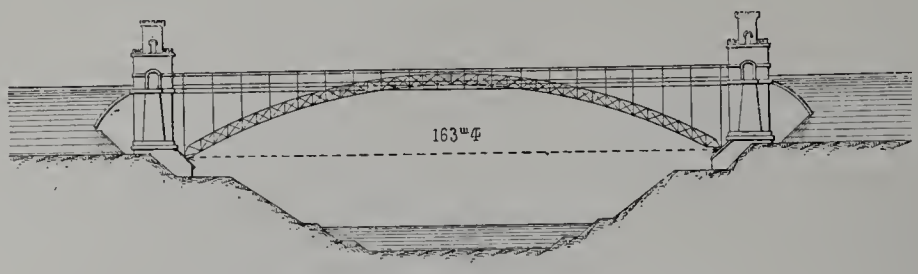


Fig. 94. — Pont de Levensau sur le canal de Kiel.

Grünenthal, de 156 m. 50 et de 1,280 tonnes; et pour le pont de Levensau, de 163 m. 40 et de 2,810 tonnes. La hauteur libre sous chacun de ces ponts est de 42 mètres au dessus du plan d'eau normal du canal.

Dépenses. — Les principales dépenses de construction sont les suivantes :

Terrassements (83 millions de mètres cubes)	95,854,000 francs.
Revêtements des rives	17,227,000
Ports et écluses	35,030,000
Ponts	10,740,000
Total	158,851,000

En tenant compte de la totalité des dépenses (travaux accessoires, études, personnel, etc.), le devis, montant à 195 millions de francs, n'a pas été dépassé.

Résultats économiques. — Le trafic du canal a passé de 1,751,000 tonnes en 1896 à 3,009,000 tonnes en 1898 et à 3,451,000 tonnes en 1899. Le produit des taxes a passé de 1,218,875 francs en 1896 à 1,985,875 francs en 1898. Le déficit, à la charge de l'Empire (différence entre les dépenses et les recettes) s'est abaissé de 1,222,830 francs en 1896 à 540,500 francs en 1898.

La durée moyenne de la traversée a été de 8 heures 48 minutes pour les navires calant au plus 5 m. 40, de 11 heures 30 minutes pour les navires calant de 5 m. 40 à 6 m. 90, et de 12 à 14 heures pour les navires calant plus de 7 mètres.

L'abréviation de parcours est de 239 milles de la Baltique à Dunkerque et à Londres, et de 425 milles de la Baltique à Hambourg.

Principaux collaborateurs : MM. J. Fülscher, directeur des travaux; Koch, ingénieur en chef, adjoint au directeur; Schulze et Reverdy, ingénieurs en chef de la 1re et de la 2e section; Claus Greve, ingénieur en chef, auteur du pont de Grünenthal; H. Vering et C. Hoppe, entrepreneurs; Lauter, ingénieur en chef de la maison Holtzmann; Renner, ingénieur en chef de l'entreprise des terrassements; Brandt, Tincauzer, Frentzen, W. Schultz, Scheehaase, ingénieurs des travaux; Westphal, ingénieur de l'entreprise C. Hoppe (manœuvre hydraulique des écluses), et von Kintzel et Lauser, entrepreneurs.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS DE LA PRUSSE.

A[1] **Amélioration de l'Oder supérieur.** — Après que l'Oder eût été rendue navigable aux bateaux de 400 tonnes, en aval de Breslau, on fut conduit, surtout en vue de faciliter le transport des houilles de la Silésie supérieure, à améliorer aussi la navigation du fleuve en amont de Breslau, jusqu'à Cosel. Les travaux, autorisés par la loi du 6 juin 1888, ont été commencés en 1891 et achevés en 1897. Ils comprennent :

	ÉVALUATION. — francs.
1° La construction d'un port de sûreté et de transbordement près de Cosel	3,054,000
2° La canalisation de l'Oder, depuis Cosel jusqu'à l'embouchure de la Neisse	18,500,000
3° La construction de nouvelles écluses près de Brieg et d'Ohlau	1,106,000
4° La construction du canal latéral de Breslau	6,250,000
ENSEMBLE	28,910,000

Cette évaluation n'a pas été dépassée.

On s'imposa la condition d'établir la nouvelle voie navigable pour des bateaux de 55 mètres de longueur et de 8 m. 20 de largeur, avec 2 mètres de tirant en eaux moyennes, et de 1 m. 50 en basses eaux, ces bateaux pouvant porter 400 tonnes avec un mouillage de 1 m. 40.

Le parcours à canaliser avait une longueur de 84 kilom. 500, qui a été réduite à 78 kilomètres par cinq coupures supprimant des courbes gênantes pour la navigation. Les écluses et les barrages sont au nombre de douze. Les chutes varient de 1 m. 75 à 2 m. 60, et les longueurs des biefs de 4, 3 à 8, 5 kilomètres. Les écluses ont une longueur utile de 55 mètres et une largeur de 9 m. 60. Les barrages qui sont : soit à aiguilles, du système Poirée, comme celui de l'embouchure de la Neisse, soit à rideaux, comme celui de Mühlgraben, sont établis avec déversoir, passe navigable de 25 mètres et échelle à poisson.

Port de Cosel, disposé pour faciliter le transbordement, du chemin de fer dans les bateaux, du charbon provenant des mines de la Silésie supérieure. Les quais, largement installés, sont en plan, à gradins obliques. Le bassin, mesurant 7 hectares de superficie, peut recevoir 90 grands bateaux de 400 tonnes et 210 de 150 tonnes. L'outillage consiste en voies ferrées, en grues, en 6 culbuteurs pour décharger le charbon. Le mouvement des marchandises s'est élevé, en 1898, à 800,000 tonnes, dont 730,000 à la descente.

Canal latéral de Breslau. — Pour mettre ce canal, ainsi que la ville de Breslau, à l'abri des crues du vieil Oder, et pour maintenir à flot les bateaux remisés dans le canal, alors que, pendant l'hiver, les barrages sont abaissés, on a disposé, à la tête amont

du canal latéral, une robuste porte de garde. Celle-ci consiste en un vantail métallique suspendu par des galets de roulement à un pont supérieur, suivant la disposition projetée par la maison Eiffel, pour les portes des écluses du canal de Panama. La porte, qu'on fait rouler dans une coulisse pour ouvrir le canal, peut aussi se déplacer parallèlement à l'axe de celui-ci, de manière à prendre appui, soit à l'aval quand il y a crue dans la rivière, soit à l'amont lorsque, pendant l'hivernage, les eaux sont basses en rivière. Elle a coûté 162,500 francs.

Nouveau pont (Passbrücke) près Breslau. — Ce pont, construit par la ville de Breslau, et mesurant 60 m. 63 de portée et 19 mètres de largeur, est soutenu par des arcs à treillis, dont la poussée est contenue par des tirants placés sous le tablier. La dépense s'est élevée, pour le pont tout seul, à 537,500 francs, soit à 375 francs par mètre carré de tablier.

Résultats économiques. — L'accroissement du trafic a dépassé les prévisions. Tandis qu'en 1896, 290 voiliers et 300 vapeurs, avec 1920 bateaux remorqués, ont remonté le fleuve, il y eut, en 1898, 660 vapeurs avec 4,520 bateaux remorqués et seulement 100 voiliers.

Collaborateurs principaux. — MM. Roloff (E.), ingénieur en chef de l'Oder; Wegener (F.) et von Scholtz, ingénieurs en chef du canal latéral de Breslau; Krone (R.), ingénieur en chef de l'entreprise du canal.

A² **Canal de Dortmund à l'Ems.** — Ce canal, exécuté en vertu de la loi du 9 juillet 1886, a pour objet de relier, par une voie de grande navigation, la région houillère rhénane westphalienne avec la mer du Nord et de constituer, en outre, un tronçon du canal projeté du Rhin à l'Elbe. Les travaux, commencés en 1892, furent achevés en 1899. La longueur de la voie navigable, de Dortmund à la mer, est d'environ 272 kilomètres. Si l'on y ajoute les 11 kilomètres de la prolongation jusqu'à Herne du grand bief de Münster, et si l'on en retranche les 31 kilomètres naturellement navigables de l'Ems, auprès de l'embouchure de ce fleuve, on obtient, une longueur de 252 kilomètres pour le parcours navigable créé ou amélioré. Le premier bief, long de 15 kilom. 7, qui part du port de Dortmund aboutit, à Henrichenburg, à une chute de 14 mètres, franchie au moyen d'un ascenseur. Le bief suivant mesure 67 kilom. 4 de Herne à Münster, où il se termine par une écluse ayant 6 m. 20 de chute.

Vient ensuite de Münster à Bevergern un bief de 37 kilomètres, après lequel le canal descend à l'Ems par sept écluses, espacées sur 29 kilom. 5 et rachetant une chute totale de 28 m. 70. La section suivante, longue de 27 kilom. 9, forme canal latéral avec quatre écluses (dont une de garde, sans chute en temps ordinaire), rachetant 10 m. 70 de chute. Elle se continue par l'Ems canalisée sur 48 kilom. 7, avec cinq écluses, rachetant 10 m. 25 de chute. Puis viennent : l'Ems corrigée, sur 12 kilom. 6; l'Ems naturellement navigable sur 31 kilom. 4, et le canal latéral de l'embouchure, destiné à soustraire les bateaux au danger des vagues dans l'estuaire de l'Ems. Ce canal, long de

11 kilom. 4, est pourvu de trois écluses, y compris l'écluse maritime terminale. En résumé, la dénivellation entre le niveau normal dans le bief de Dortmund et les basses eaux de l'Ems corrigée est de 69 m. 85; elle est rachetée par un ascenseur, pour 14 mètres et par seize écluses (non compris l'écluse de garde de Haneeken) pour 54 m. 85, ce qui donne 3 m. 43 pour la hauteur moyenne de chute par écluse. Les trois écluses du canal d'embouchure sont en dehors de ce calcul. Elles servent à régler le niveau de l'eau dans le port d'Emden. En les comptant, ainsi que l'écluse de garde de Haneeken, on arrive à un total de 20 écluses.

Le profil normal du canal a 18 mètres de largeur au plafond, 2 m. 50 de tirant d'eau minimum et 30 mètres de largeur au niveau de l'eau. L'élargissement du plafond dans les courbes est de 0 m. 50, 1 mètre, 1 m. 50 ou 2 mètres, suivant que le rayon est de 2,000, 1,000, 500 ou 400 mètres. La largeur du canal aux portes de sûreté et dans les passages au-dessus des rivières et des grandes routes est de 18 mètres. Le tirant d'air sous les ponts est fixé en général à 4 mètres; il atteint 4 m. 50 dans les longs biefs de Dortmund, de Münster et de Bevergern, afin qu'on puisse faire des réserves d'eau dans ces biefs. Jusqu'au premier contact du canal avec l'Ems, à Haneeken, les écluses, au nombre de huit, construites pour des bateaux de 65 mètres sur 8 m. 20, mesurent 67 mètres de longueur utilisable, 8 m. 60 de largeur aux portes et 3 mètres de tirant d'eau sur les buscs. En aval de Haneeken, les écluses, établies pour des trains de remorque, mesurent 165 mètres de longueur, 10 mètres de largeur aux portes et au moins 2 m. 50 de tirant d'eau sur les buscs. La longueur est réduite à 100 mètres dans les écluses de tête du canal latéral d'Emden.

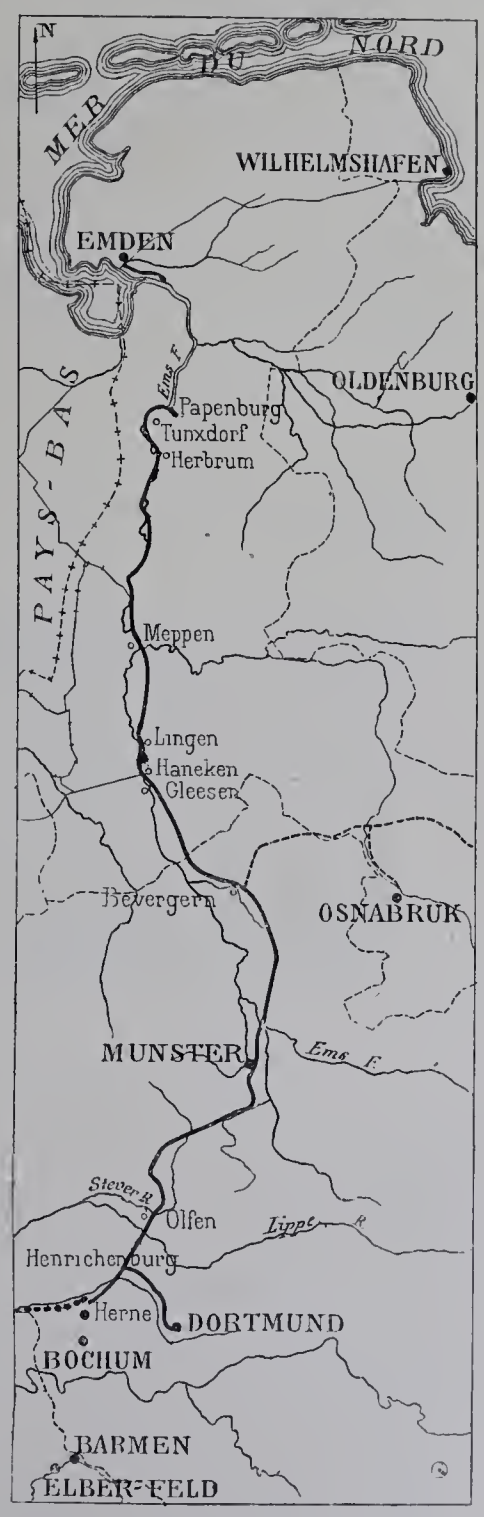


Fig. 95.
Canal de Dortmund à l'Ems.

A la suite de nombreux essais de marche, exécutés pendant l'été de 1898, en vue d'étudier la résistance de l'eau au mouvement des bateaux et les effets exercés par ces bateaux en marche sur le plafond et

sur les berges du canal, on a limité à 5 kilomètres à l'heure la vitesse des bateaux calant au plus 1 m. 75, et à 4 kilomètres celle des bateaux calant jusqu'à 2 mètres.

Écluse à flotteurs ou ascenseur de Henrichenburg. — Cet ouvrage, le plus important du canal, a fait l'objet d'un concours restreint entre cinq grandes maisons de construction. Le projet d'écluse à flotteurs, présenté par MM. Haniel et Lueg a été adopté. Le sas métallique, pouvant contenir des bateaux de 600 tonnes et mesurant 70 mètres de longueur, 8 m. 60 de largeur et 2 m. 50 de profondeur, est soutenu par cinq flotteurs ayant une force ascensionnelle à peu près constante, d'environ 3,000 tonnes, égale au poids du sas chargé d'eau et des organes qui se déplacent avec lui.

Les flotteurs mesurent chacun 8 m. 30 de diamètre, 10 m. 275 de hauteur pour la partie cylindrique et 13 mètres de hauteur totale avec les calottes sphériques des extrémités. Ils se meuvent dans des puits remplis d'eau, de 9 m. 20 de diamètre et de 30 mètres de profondeur. La course normale de l'ascenseur est de 14 mètres; elle peut atteindre 16 mètres quand le niveau de l'eau est maximum dans le bief supérieur et minimum dans le bief inférieur.

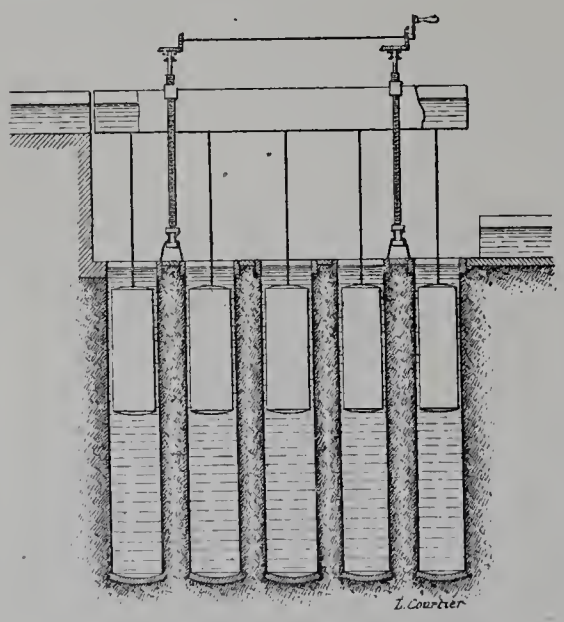


Fig. 96. — Schéma de l'ascenseur à flotteurs de Henrichenburg.

La force motrice est fournie : à la descente, par l'addition d'une tranche d'eau prise dans le bief supérieur, en tenant le sas mobile un peu plus bas que le niveau d'équilibre; et, à la montée, par le retranchement d'une tranche d'eau du bief inférieur, obtenu en tenant le sas un peu plus haut que le niveau d'équilibre. Les mouvements de montée et de descente sont régularisés au moyen de quatre grosses vis verticales, de 24 mètres de longueur et de 0 m. 28 de diamètre extérieur, solidement assujetties à quatre pylônes de guidage et liées au sas par des écrous. Ces vis se meuvent toutes ensemble par l'effet d'une dynamo à vapeur et d'une transmission qui les actionne solidairement. Non seulement elles assurent l'horizontalité du sas, mais elles se sont montrées capables, un jour que le sas s'est vidé par l'ouverture accidentelle des portes, d'en arrêter la course en résistant à la force ascensionnelle occasionnée par cette vidange.

L'installation complète de l'ascenseur a coûté, en chiffres ronds, 3,125,000 francs.

Portes de sûreté. — Sept portes de sûreté, dont deux dans le bief de Dortmund, trois dans le bief de 67 kilom. 4 de Herne à Münster et deux dans le bief de 37 kilomètres de Münster à Bevergern, partagent, avec les écluses terminales, ces longs biefs en plusieurs sections, afin d'en éviter la vidange complète en cas d'accidents dans les levées ou de travaux d'étanchements à faire en certains points de la cuvette du canal.

(Cette cuvette est parfois en remblai à une hauteur qui atteint 12 mètres, et la terre marneuse du remblai est sujette à caution, malgré la chemise en terre glaise, piétinée par des chevaux, destinée à la rendre étanche.)

La porte de sûreté consiste en une vanne tubulaire métallique, de 18 mètres de largeur, profilée en segment de cercle et mobile autour d'un axe horizontal, interrompu sur la largeur du canal. Elle s'élève, quand elle est ouverte, à 4 mètres au-dessus du plan d'eau et s'appuie, lorsqu'elle est rabattue pour intercepter le bief, contre un seuil et contre des montants latéraux soutenus par un radier et par des culées en maçonnerie. Les appuis sont agencés de telle sorte que la pression de l'eau puisse s'exercer soit d'un côté, soit de l'autre de la vanne. Pour faciliter la manœuvre de la porte, qui n'exige qu'un seul homme et qui s'accomplit en neuf minutes, pour la clôture, et en vingt minutes, pour l'ouverture, des contrepoids, suspendus à des balanciers articulés, font équilibre au poids de cette porte, dans les positions successives des parties mobiles.

La dépense pour chaque porte s'élève à 100,000 francs, dont 62,500 francs pour les parties métalliques et 37,500 francs pour les maçonneries.

Écluses, barrages. — Les deux écluses de 6 m. 20 de chute, situées : l'une près de Münster, à l'extrémité du bief de 67 kilomètres 4; l'autre près de Gleesen, au premier contact du canal avec l'Ems, sont à bassins d'épargne avec moteurs électriques. Dans toutes les écluses, les portes construites en fer, avec plaques de tôle cintrées, sont mues par des crémaillères. Les aqueducs de remplissage et de vidange sont fermés par des portes roulantes. La durée d'une éclusée est d'environ quinze minutes.

La chute des écluses de l'Ems canalisée varie de 1 m. 50 à 2 m. 90. Les quatre barrages supérieurs sont à aiguilles. Le barrage inférieur, près Herbrum, pouvant barrer la rivière dans les deux sens, est fermé par des vannes, avec six ouvertures d'une largeur totale de 62 m. 83.

Dix déversoirs de fond permettent de mettre à sec les différents biefs du canal.

Ponts-canaux, ponts. — Trois ponts-canaux, en maçonnerie avec couronnements décorés par des arcatures, franchissent la Lippe, la Stever et l'Ems. Le pont sur la Lippe se compose de trois arches en arc de cercle de 21 mètres d'ouverture; celui de la Stever, de trois arches de 12 m. 50 et celui sur l'Ems de quatre arches de 12 mètres. L'étanchéité des cuvettes est garantie par des chemises en plomb de 3 millimètres d'épaisseur. Les petits cours d'eau passent sous le canal au moyen d'aqueducs ou de siphons à sections circulaires. Les communications d'un bord à l'autre du canal sont établies à l'aide de trois ponts par-dessous et de cent quatre-vingt-cinq ponts par-dessus.

L'un de ces derniers, franchissant l'Ems corrigée près de Tunxdorf, se compose d'une travée centrale de 68 m. 14 d'ouverture à fermes courbes, traversées à mi-hauteur par le tablier, appuyées sur des piles en maçonnerie et équilibrées au moyen de deux travées de rive de 25 m. 41 d'ouverture.

Ports. — Les principaux ports sont ceux de Dortmund, Hardenberg, Münster et Emden.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Le port de Dortmund, situé à l'extrémité du canal, près la gare du chemin de fer, susceptible d'être plus que doublé en étendue, comprend actuellement cinq bassins, d'une superficie de 17,4 hectares, avec 6,050 mètres de quais, des terre-pleins considérables et un outillage très complet : magasins, hangars, basculeurs, grues roulantes, etc.

Il y existe deux ponts métalliques, dont les travées mesurent respectivement 60 mètres et 38 mètres de portée. Les dépenses de construction et d'outillage montent à 8,440,000 francs, dont 1,660,000 francs fournis par l'État et le reste à la charge de la ville.

Les dépenses du port de Münster s'élèvent à 1,062,000 francs, dont 277,000 francs à la charge de l'État. Le port a 800 mètres de longueur sur 60 mètres de largeur.

Le port d'Emden comprend deux parties : le port intérieur ou fluvial et le port extérieur ou maritime, séparés par l'écluse maritime. Des travaux, montant à 9,855,000 francs sont en cours d'exécution pour améliorer et outiller le port maritime et pour en approfondir le chenal d'accès à 10 mètres au-dessous des hautes eaux ordinaires, de manière à permettre aux plus grands navires d'y accéder et à mettre ainsi le port d'Emden en mesure de soutenir la concurrence avec les ports d'Anvers, de Rotterdam et d'Amsterdam. Le port intérieur, assez profond pour recevoir les navires de mer calant 6 mètres, ayant à transborder leur chargement dans les bateaux du canal, comprend plusieurs bassins et de spacieux terre-pleins avec voies ferrées, hangars, élévateurs, grues, etc.

Alimentation. — L'alimentation se fait pour la plus grande partie du canal (de Henrichenburg jusqu'à la rencontre avec l'Ems à Haneeken) avec de l'eau pompée dans la Lippe, à côté du pont-canal, à 17 kilomètres en aval de l'ascenseur de Henrichenburg. Trois pompes à vapeur, chacune de 400 chevaux, peuvent élever chacune 0 m. c. 88 par seconde, à 16 mètres, dans le grand bief de Herne à Münster.

Dépenses. — Les dépenses de construction, à la charge de l'État, y compris celles pour les grands ports, montent à 99,300,000 francs, soit à 394,000 francs par kilomètre, pour les 252 kilomètres de voie d'eau construite ou améliorée.

Collaborateurs principaux : MM. L. Oppermann et A. Hermann, ingénieurs en chef des travaux; W. Mau, ingénieur en chef adjoint; Mathies, ingénieur en chef du port de Dortmund; Prüssmann, ingénieur en chef (avant-projet de l'ascenseur de Henrichenburg); R. Haack, ingénieur en chef (études sur la résistance de l'eau au mouvement des bateaux); C. Offermann et Schnapp, ingénieurs des travaux.

A³ **Trafic sur les voies navigables en Allemagne.** — On s'est attaché à comparer la situation à vingt années de distance, en 1875 et 1895. Dans cet intervalle, la navigation intérieure s'est développée d'une manière inespérée, quoique la longueur du réseau navigable soit restée sensiblement la même et égale à 10,000 kilomètres, en chiffres ronds.

Le trafic total sur les voies intérieures allemandes, à l'exclusion des embouchures de fleuves parcourues également par les navires de mer, est donné par le tableau suivant pour les 9,000 kilomètres sur lesquels a porté la statistique.

ANNÉES.	MARCHANDISES (EN MILLIERS DE TONNES)			MILLIONS DE TONNES KILOMÉTRIQUES.	TRAFIC par KILOMÈTRE EN MILLIERS de tonnes.	PARCOURS MOYEN.
	ARRIVÉES.	EXPÉDIÉES.	TOTAL.			
						kilomètres.
1875.....	10,400	9,200	19,600	2,754	306	280
1895.....	25,090	20,190	45,280	7,263	807	320

Le trafic a plus que doublé en vingt ans.

L'accroissement a été surtout considérable pour les principaux ports fluviaux, ainsi qu'il résulte du tableau suivant, où le trafic est exprimé en milliers de tonnes.

ANNÉES.	RUHRORT DUISBOURG et HOCHFELD.	BERLIN.	HAMBOURG (Elbe supérieure).	MANNHEIM.	MAGDEBOURG.	STETTIN.	BRESLAU.
1875.....	2,935	3,239	799	736	676	514	127
1895.....	7,416	5,134	3,580	3,580	1,513	1,439	1,370

En 1875, deux ports seulement, Berlin et les trois grands ports du Rhin et de la Ruhr, Ruhrort, Duisbourg et Hochfeld, voisins l'un de l'autre, avaient un trafic supérieur à 1 million de tonnes. En 1895, on compte sept ports dépassant le million, et les trois ports du Rhin prennent la tête, dépassant Berlin de plus de 2 millions de tonnes.

Les quatre cinquièmes du trafic reviennent aux sept grands fleuves : Niémen, Vistule, Oder, Elbe, Weser, Rhin et Danube. Le Rhin, avec son parcours navigable de 566 kilomètres entre la frontière hollandaise près Emmerich et Strasbourg, prend, à lui seul, environ deux cinquièmes du mouvement total (3 milliards de tonnes kilométriques sur 7,26 milliards).

L'Elbe vient ensuite avec 1,95 milliards de tonnes kilométriques, soit avec plus d'un quart du mouvement total.

Les deux tiers du trafic total des voies navigables allemandes reviennent ainsi au Rhin et à l'Elbe.

L'accroissement du trafic s'est encore accentué après 1895. Le chiffre des tonnes kilométriques s'est élevé, en 1898, à 10,7 milliards.

Si l'on compare le trafic des voies navigables avec celui des chemins de fer, on constate les résultats suivants :

ANNÉES.	MOUVEMENT COMMERCIAL EN MILLIARDS DE TONNES kilométriques.		POURCENTAGE du MOUVEMENT COMMERCIAL.		LONGUEURS EXPLOITÉES EN KILOMÈTRES.		TRAFIC KILOMÉTRIQUE EN TONNES.	
	Chemins de fer.	Voies navigables.	Chemins de fer.	Voies navigables.	Chemins de fer.	Voies navigables.	Chemins de fer.	Voies navigables.
1875.....	10,9	2,9	0.79	0.21	26,500	10,000	410,000	290,000
1895.....	26,5	7,5	0.78	0.22	44,800	10,000	590,000	750,000

Ainsi, quoique la longueur des voies navigables soit restée stationnaire de 1875 à 1895, le trafic sur ces voies navigables en est venu, non seulement à surpasser en intensité celui des chemins de fer (750,000 tonnes par kilomètre contre 590,000), mais encore à prendre une plus forte proportion du trafic total (22 p. 100 en 1895 au lieu de 21 p. 100 en 1875). Cette proportion s'est même élevée à 25 p. 100 en 1898. Les développements dont les voies navigables sont encore susceptibles, et qu'on s'apprête à leur donner, accroîtront sans doute notablement leur part dans la répartition du trafic général.

Collaborateur principal : M. L. Sympher, ingénieur en chef (études statistiques et économiques).

A[4] **Nivellements de précision fondamentaux et observations des niveaux d'eau, dans le royaume de Prusse.** — Afin de conduire rationnellement les entreprises hydrauliques en préparation et celles à effectuer dans l'avenir, il fut créé, en 1891, un bureau spécial chargé de procéder aux grands nivellements, exigeant un degré exceptionnel de sûreté et d'exactitude, qui sont indispensables pour la régularisation des fleuves, les travaux de canalisation, la connaissance du régime des cours d'eau, les travaux d'endiguement, etc. Plus de 12,000 kilomètres de ces « nivellements de fleuves de premier ordre » sont exécutés avec une exactitude telle que les erreurs en plus ou en moins ne doivent pas dépasser 4 millimètres pour 100 kilomètres.

Le bureau a encore dans ses attributions le contrôle scientifique d'environ 900 stations d'échelles pour l'observation des niveaux d'eau, dont 90 fonctionnent au moyen d'appareils automatiques, presque tous du système Seibt-Fuess (construits par M. Fuess, d'après les idées et les principes de M. le Dr Seibt, chef du bureau des nivellements fondamentaux et des observations des niveaux d'eau). Ces appareils, qui servent à l'observation locale et à distance ou à l'enregistrement automatique des niveaux de l'eau dans les fleuves et dans la mer, sont établis de manière à annihiler les moindres causes d'erreur, telles que le changement de dimension des feuilles de papier

portant les graphiques, ou les effets de la dilatation ou de compression de l'air, quand la transmission d'un changement dans le niveau de l'eau se fait par l'action d'air comprimé sur un manomètre à mercure.

Collaborateurs principaux : Aux noms déjà cités de M. le professeur Seibt et de M. le constructeur R. Fuess, nous ajouterons ceux de MM. les constructeurs O. Jordan et Stoltenburg.

A[5] **Étude du régime des eaux en Prusse.** — Les dommages causés, en Prusse, par les inondations, dans les années qui ont précédé 1890, ont déterminé, en février 1892, la création d'une commission et d'un bureau technique, chargés de rechercher : les causes de ces inondations; l'influence qu'ont pu exercer sur les crues les travaux d'amélioration et de canalisation des rivières; les mesures à prendre pour obvier, autant que possible, aux dangers et aux dommages causés par les inondations.

La première chose à faire était d'étudier le régime des différents bassins. Il fallait, à cet effet, installer des échelles sur les fleuves et sur leurs affluents, observer les niveaux quotidiens, mesurer les vitesses, jauger les débits, déterminer les hauteurs de pluie et les superficies des bassins, les directions et les intensités du vent, étudier l'écoulement des crues et la débâcle des glaces. Ce travail, qui avait été fait pour le Rhin dès avant 1890, fut exécuté et publié, à partir de 1892, d'abord pour l'Oder (1896), puis pour l'Elbe (1898), ensuite pour le Niémen, le Prégel et la Vistule (1899).

Il est tenu au courant par des publications annuelles.

Collaborateurs principaux : MM. H. Keller, chef du service des études hydrographiques; Bindemann, ingénieur en chef (service hydrographique); MM. les ingénieurs en chef Von Doemming et Jasmund et M. l'ingénieur Kreide (bassin de l'Elbe, service et études hydrologiques); M. l'ingénieur en chef C. Ruprecht et M. le docteur Fischer (Travaux hydrologiques).

A[6] **Canal maritime de Kœnigsberg.** — Le port de Kœnigserg, dont le trafic s'est élevé de 648,957 tonnes, en 1880, à 899,573 tonnes, en 1890, pour atteindre 1,171,117 tonnes, en 1898, est relié avec Pillau, son avant-port, et avec la Baltique par une voie navigable composée : du cours inférieur du Prégel, sur 8 kilomètres; de la partie septentrionale de l'étang maritime du Haff, sur 33 kilomètres; et du chenal, dit Pillauer-Tief, entre le Haff et la mer. Le Prégel a une profondeur naturelle de 5 à 11 mètres et le Pillauer-Tief, ainsi que le port de Pillau, ont été dragués à 7 m. 50 au-dessous du niveau moyen de la mer. Mais le bassin du Haff n'a que 5 mètres de profondeur dans sa partie centrale et environ 2 m. 50 aux extrémités. Aussi faut-il, à Pillau, alléger ou compléter le chargement des bateaux calant plus de 4 mètres, qui vont à Kœnigsberg ou qui en viennent. Pour remédier à ce grave inconvénient, on a décidé, à la suite d'un concours ouvert en 1879, de construire dans la traversée du

Haff, un chenal clos par des digues, de manière à prévenir les envasements qui se produisent très vite dans les chenaux libres ouverts dans ce bassin.

Le canal du Haff mesure 33 kilom. 6 de longueur et 6 m. 50 de profondeur en eaux moyennes avec des largeurs au plafond de 30 mètres dans les alignements droits, de 40 mètres dans les courbes (1,000 à 2,500 mètres de rayon) et de 75 mètres dans une étendue de 4 kilomètres au-devant de la baie de Fischhausen, où les digues sont interrompues pour faciliter la pêche et pour donner passage aux eaux de la baie. Le creusement complet du canal, y compris l'approfondissement du Prégel, nécessite l'extraction par dragages de 9,884,000 mètres cubes de sable ou d'argile, qui sont déversés, dans le Haff, à l'extérieur des digues.

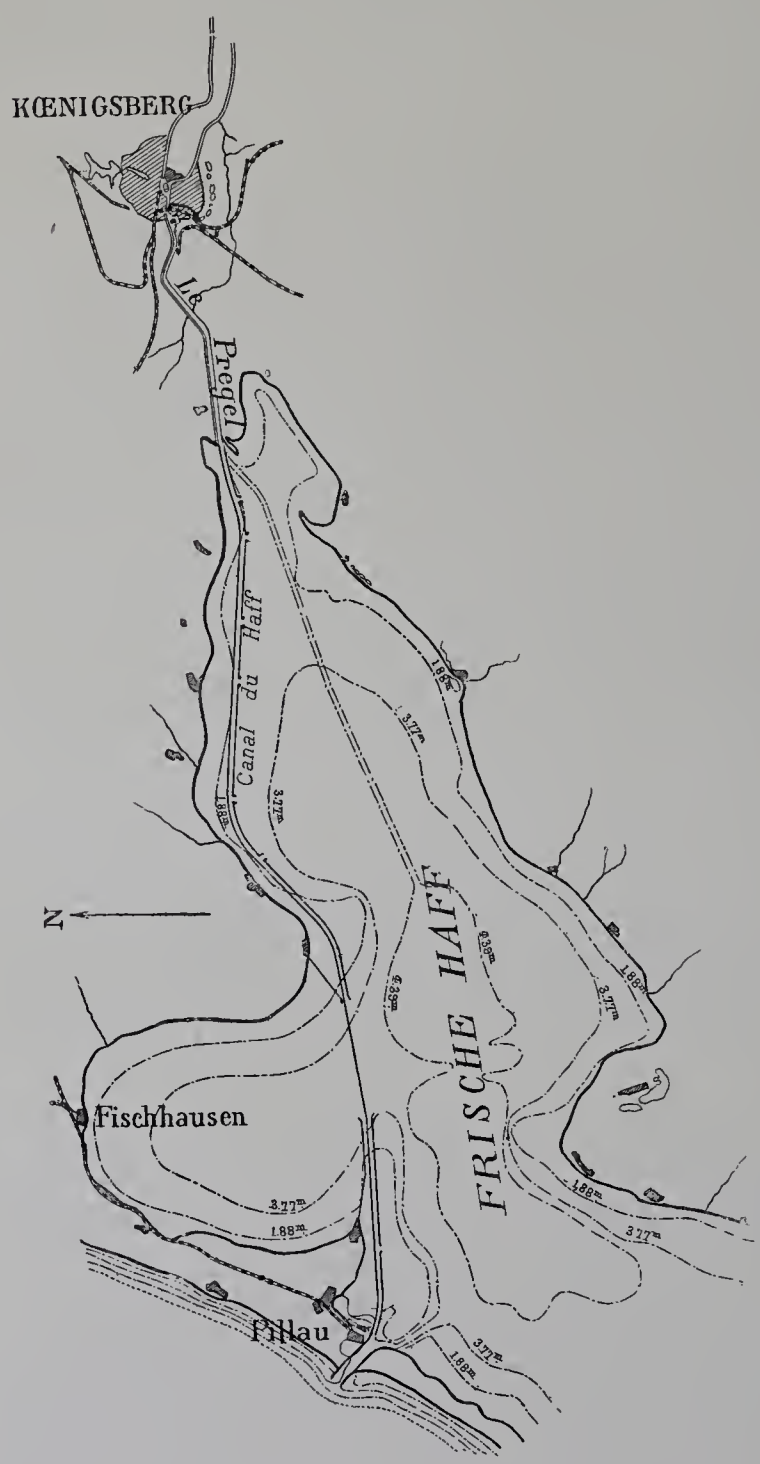


Fig. 97. — Canal du Haff.

Autant que possible, le canal longe la rive du Haff et n'est limité alors que par une seule digue, qui l'accompagne à 72 m. 25 de son axe. Dans la baie de Fischhausen, il est libre de digues au milieu et compris entre deux digues sur les côtés. Les digues sont formées par une double rangée de pilotis inclinés à 1/4, espacés de 1 m. 50 et dépassant le niveau moyen de l'eau seulement de 0 m. 80, hauteur au-dessous de laquelle les pieux pourrissent relativement peu, comme l'a montré l'expérience. Les pilotis sont battus avec des sonnettes à vapeur établies sur des échafaudages fixes. Ils servent de soutien au corps de la digue, formé, jusqu'à 0 m. 80 au-dessus du niveau

moyen de l'eau, d'un remblai de terre sablonneuse, surmonté de fascines et de pierrailles. Les terres rejetées à l'extérieur de la digue sont plantées d'aunes et de saules dans les parties élevées, de plantes aquatiques, dans les parties plus basses.

Le canal, construit aux frais et par les soins de l'État, doit coûter 15,375,000 fr.

Collaborateurs principaux : MM. H. Natus, ingénieur en chef, directeur des travaux, et Reisse, ingénieur en chef des travaux du canal maritime.

A[7]. **Fixation des dunes.** — Toutes les dunes de la mer du Nord et presque toutes celles de la mer Baltique sont fixées. Celles qui restent à consolider se trouvent en Poméranie. Ce sont des collines de sable fin, de 30 à 60 mètres d'élévation, inclinées à 2 de base pour 1 de hauteur du côté de la mer et à 8 de base pour 1 de hauteur vers les terres. Elles s'avancent en moyenne de 5 mètres par an, ensevelissant villages et forêts, qui, longtemps après, reparaissent derrière elles. On les appelle dunes errantes. C'est à partir de 1895 que, à Dantzig, on commença à les fixer. On apprit peu à peu à le faire par des méthodes certaines. La dune littorale se fixe la première au moyen de haies de branchages protégeant des plantations de gourbet. On passe ensuite à la dune intérieure (la grande dune). Là où le climat est très rude et le vent très violent, il faut encore, comme pour la dune littorale, employer le gourbet. Mais quand les conditions sont plus favorables, ainsi qu'il advient, en général, sur les côtes de la Baltique, on peut associer le pin sylvestre au gourbet. Dans ce cas, voici comment on procède aujourd'hui. On couvre la surface de la dune, à la réserve des chemins nécessaires pour le transport des matériaux, d'un réseau de mailles carrées de 4 mètres de côté, formées par des cloisons de branchages ou de roseaux piquées dans le sol, saillantes de 0 m. 40 au-dessus du sable. A l'automne, de la terre végétale ou du limon dragué est déposé, à raison de 40 mètres cubes par hectare, dans des trous creusés à l'avance et disposés en quinconce à 1 mètre l'un de l'autre. Puis on recouvre de sable pour l'hiver. Au printemps suivant, on plante, dans chaque motte de terre, 4 plants de pin de deux ans; et pour empêcher ces jeunes plants d'être détruits par le fouettement du sable, soulevé par le vent, on recouvre le sol d'un tapis de branches de pins coupées menu; il suffit de 70 stères de branches par hectare.

Les chemins, espacés à 28 mètres l'un de l'autre, sont protégés de même et plus tard plantés de pins à la réserve d'un chemin sur cinq, laissé sans culture pour arrêter les incendies. Les parties basses et humides sont plantées d'aunes et de bouleaux.

La plantation du gourbet, dans les dunes littorales, revient à 275 francs par hectare. Le boisement avec des pins a coûté d'abord jusqu'à 2,000 francs par hectare; ce prix a été, en dernier lieu, abaissé à 860 francs. En général, la fixation des dunes littorales revient à l'Administration des travaux hydrauliques, et celle des dunes intérieures à l'Administration agricole.

B. Administration impériale du canal de Kiel. — Il a été précédemment rendu compte de ce travail.

C. Le bris des glaces dans les cours d'eau de l'empire d'Allemagne. (*Exécuté et exposé par le Ministère royal des travaux publics de Prusse en collaboration avec les Sénats de Hambourg et de Brême et avec l'association des marchands de Stettin.*) — Le froid très rigoureux, qui règne en hiver dans l'Allemagne du Nord et particulièrement dans le bassin de la Baltique, où la température moyenne reste inférieure à 0 : pendant quatre mois à Kœnigsberg, pendant trois mois à Dantzig et à Breslau, pendant deux mois à Stettin, occasionne des arrêts prolongés de la navigation par suite de la congélation des cours d'eau et de la débâcle des glaces. Les principaux cours d'eau, la Vistule, l'Oder, l'Elbe, le Weser et l'Ems, coulant du Sud vers le Nord, le dégel commence généralement par l'amont, d'où résultent, à l'aval, des accumulations de glaces, obstruant parfois complètement le lit de la rivière et occasionnant des ruptures de digues et des inondations désastreuses. Pour prévenir ces dommages et maintenir la liberté de la navigation, il faut constamment briser la glace pendant qu'elle se forme. On usait autrefois d'explosifs, ou de lourds chalands traînés par des hommes. On a renoncé à ces moyens, limités dans leurs effets et dispendieux. On se sert aujourd'hui très efficacement de bateaux à vapeur brise-glaces (Dampfeisbrecher), dont l'usage s'est introduit à Hambourg, en 1871, et s'est ensuite, surtout à partir de 1888, répandu dans les fleuves de l'Allemagne du Nord.

Il y avait en service, en 1900, 41 vapeurs brise-glaces, dont : 3 sur le Weser, à la ville de Brême; 7 sur l'Elbe inférieure, à la ville de Hambourg; 13 sur l'Elbe supérieure, à l'État prussien; 3, sur la Trave, à la Chambre de commerce de Lubeck; 3 sur l'Oder, à l'association des marchands de Stettin; 11 sur la Vistule, à l'administration des travaux du fleuve; 1 sur le Prégel, à l'association des marchands de Kœnigsberg. On utilise en outre, dans certains ports, des remorqueurs, après en avoir fortifié l'avant par une carapace métallique amovible.

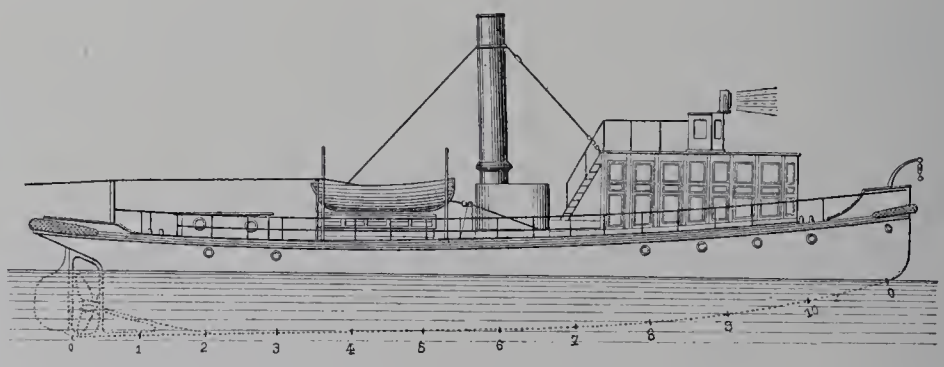


Fig. 98. — Bateau brise-glaces *le Wal.*

Les vapeurs brise-glaces solidement construits en métal, avec une quille et un avant très robustes, sont à simple ou à double hélice. Le plus fort de ceux employés jusqu'ici, *Eisbrecher n° III,* construit en 1892 et appartenant à la ville de Hambourg, mesure 44 m. 60 de longueur, 10 m. 67 de largeur et 4 m. 60 de tirant d'eau. La puissance de sa machine est de 1,200 chevaux-vapeur, sa vitesse à l'heure de 21 kilom. 5

et son prix de 606.000 francs. Le plus petit de ces bateaux, *Salamander,* appartenant à l'État prussien et fonctionnant sur l'Elbe supérieure, mesure 16 mètres de longueur, 3 m. 60 de largeur et 1 m. 05 de tirant d'eau. La puissance de sa machine est de 60 chevaux, sa vitesse à l'heure de 15 kilomètres et son prix de 25,000 francs.

Le plus grand nombre des vapeurs brise-glaces sont à quille fortement inclinée, depuis l'avant, où parfois elle sort de l'eau, jusqu'à l'arrière. Ces bateaux agissent en montant sur la glace et en l'écrasant par leur poids. D'autres, moins forts, ont leur quille horizontale; ils agissent par choc pour fractionner les grands glaçons. On brise la glace de l'aval vers l'amont. Souvent un fort bateau ouvre la marche; il est suivi par un ou par deux bateaux plus petits, qui élargissent le chenal et brisent les glaçons.

On arrive par un emploi bien concerté de ces bateaux à maintenir, moyennant des dépenses relativement faibles, la navigation libre pendant toute ou presque toute la durée de l'hiver :

Dans le Weser, de Bremerhafen à Brême;

Dans l'Elbe, depuis Cuxhaven, à l'embouchure, jusqu'à Wittenberge, à 200 kilomètres, et même jusqu'à Magdebourg, à 300 kilomètres;

Dans la Trave, de Travemünde à Lubeck;

Dans l'Oder, de Swinemünde à Stettin;

Dans la Vistule, de l'embouchure à la frontière russe;

Dans le Prégel, de Pillau à Kœnigsberg.

Collaborateurs principaux : MM. Görz, ingénieur en chef au canal de Kiel, et F. Heineken, directeur des travaux de brisement des glaces.

D. Le Sénat et la ville de Lübeck. — **Le canal de l'Elbe à la Trave.** — Dès la fin du xive siècle, de 1391 à 1398, la ville de Lübeck, alors tête de la Hanse, fit exécuter, avec le concours du duc de Saxe, le canal de Stecknitz, joignant, de la Trave à l'Elbe, la mer Baltique à la mer du Nord. Ce canal, établi avec 17 écluses et mesurant, en longueur, une centaine de kilomètres, était resté à peu de chose près dans son état primitif; il fallait une dizaine de jours aux bateaux pour le parcourir. Aussi était-il, au grand dommage de la ville de Lübeck, de moins en moins fréquenté. L'ouverture du nouveau canal de l'Elbe à la Trave, construit de 1896 à 1900, vient de porter remède à cette situation.

La nouvelle voie d'eau mesure 67 kilomètres de longueur, dont 5 kilom. 5 pour le port de Lubeck, constitué par le cours de la Trave, 60 kilomètres pour le canal proprement dit et 1 kilom. 5 pour le port de Lauenbourg, sur l'Elbe. La largeur au plafond est de 22 mètres et le tirant d'eau minimum de 2 mètres. Dans les courbes, dont le rayon minimum est fixé à 600 mètres, le profil normal est élargi du triple de la flèche de l'arc sous-tendu par une corde mesurant 74 mètres, longueur des plus grands bateaux. En avant des têtes d'écluses, sur 100 à 300 mètres, le plafond est élargi à 36 mètres. Toutes les constructions sont établies pour permettre l'élargissement général du plafond à 27 m. 30 et l'approfondissement de la cuvette à 2 m. 50 de tirant d'eau.

Le bief de partage, alimenté par les lacs de Mölln, mesure 30 kilomètres. Il y a 7 écluses, dont 5, de 1 m. 65 à 4 m. 18 de chute, sur le versant Trave; et 2, de 2 m. 98 à 4 m. 19 de chute, sur le versant Elbe. Les écluses mesurent 80 mètres de longueur utilisable, 12 mètres de largeur aux têtes et 17 mètres de largeur dans le sas (renflé d'un côté); elles peuvent ainsi contenir, soit deux bateaux de 65 mètres sur 8 mètres, avec leur remorqueur, soit un grand bateau de l'Elbe, de 78 mètres sur 11 m. 50. Pour égaliser, entre les écluses, les quantités d'eau consommées, les 4 écluses, ayant les plus fortes chutes, sont pourvues chacune de un, deux, ou même de trois bassins d'épargne, de 2,280 à 2,800 mètres de superficie, disposés en forme d'éventail. La tête d'aval porte deux portes busquées; la tête d'amont, une seule porte, à axe horizontal inférieur, pouvant se rabattre dans une enclave du radier. Les manœuvres de remplissage et de vidange du sas, de fermeture et d'ouverture des portes s'accomplissent par des procédés nouveaux dus à M. Hottopp, inspecteur des travaux hydrauliques.

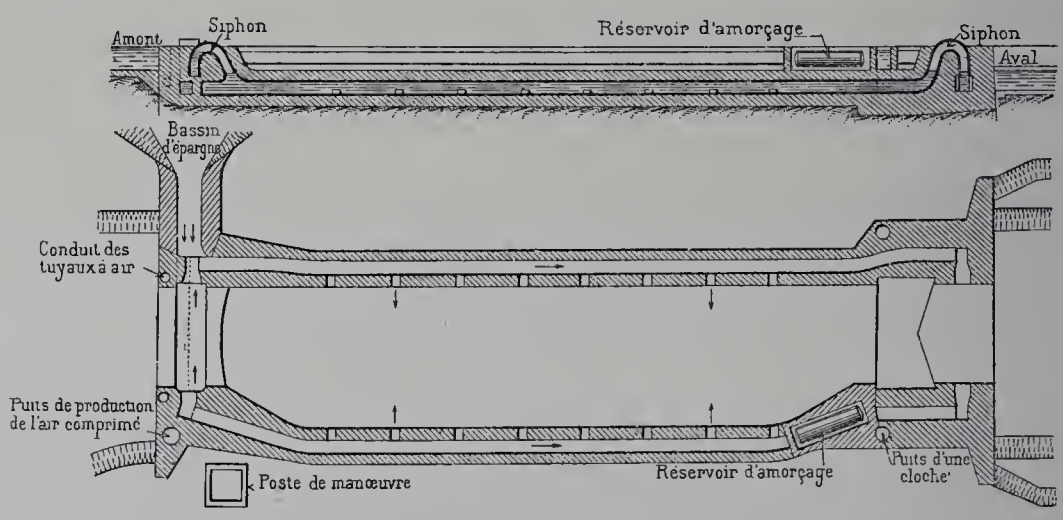


Fig. 99. — Ecluse du canal de l'Elbe à la Trave.
Siphon de vidange et de remplissage.

Les aqueducs longitudinaux de remplissage et de vidange du sas, au lieu d'être fermés par des vannes, se terminent, tant à l'aval qu'à l'amont, par des siphons ayant leur seuil au niveau de l'eau du bief supérieur. Des siphons pareils font communiquer les bassins d'épargne avec ces aqueducs. Un *réservoir d'amorçage,* récipient cylindrique horizontal en fer forgé, ayant sa génératrice supérieure au niveau de la retenue d'amont, et offrant un volume supérieur à celui de l'air contenu dans les différents siphons pouvant fonctionner simultanément (26 mètres cubes à l'écluse de Krummesse), est logé dans l'un des bajoyers. Ce réservoir est relié par des tuyaux à eau avec les deux biefs et, par des tuyaux à air, avec l'air libre et avec les sommets des différents siphons. Tuyaux à eau et tuyaux à air sont ouverts ou fermés à volonté au moyen de soupapes et de robinets rassemblés en un même point, de telle sorte qu'un homme peut, à l'aide du réservoir d'amorçage, en réglant convenablement le jeu des soupapes

et des robinets, mettre en action tels ou tels groupes de siphons et déterminer, par suite, le remplissage ou la vidange du sas.

Ainsi, pour remplir le sas, on tiendra fermé le robinet D du tube à air libre et la soupape A du tuyau de communication du réservoir d'amorçage avec le bief supérieur. La soupape B établissant la communication avec le bief inférieur et le robinet C seront ouverts. Par suite, le réservoir d'amorçage se videra d'eau et l'air occupant le coude du siphon se trouvant aspiré, le siphon entrera en fonction et le sas se remplira. En ouvrant, en même temps que le robinet C, d'autres robinets jouant le même rôle par rapport aux siphons de communication avec les bassins d'épargne, on utilisera ceux-ci pour le remplissage du sas.

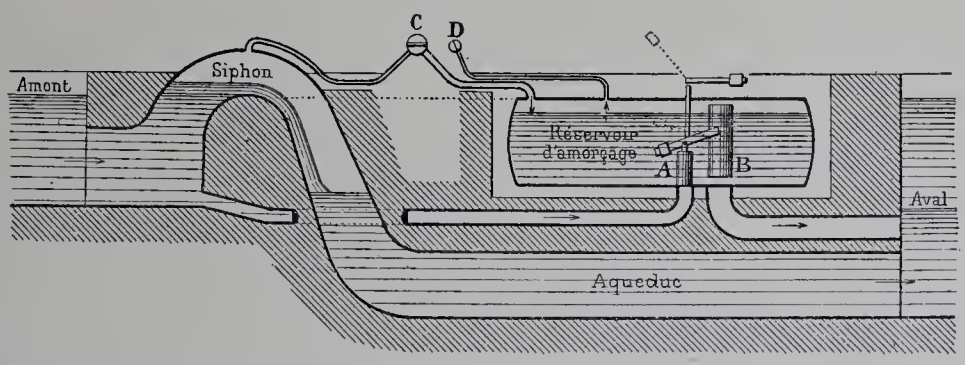


Fig. 100. — Écluse du canal de l'Elbe à la Trave. Réservoir d'amorçage.

La porte d'amont se manœuvre comme il suit: un appareil, utilisant la chute de l'écluse pour comprimer de l'air à la pression de 1,5 atmosphère, permet, en introduisant cet air dans une chambre disposée vers le haut de la porte, sur toute sa longueur, de l'alléger assez pour en déterminer le relèvement et la fermeture. L'air comprimé, amené par un tuyau qui traverse le bajoyer, arrive dans un creux ménagé le long du bord latéral de la porte et gagne la chambre à air, d'où il expulse l'eau. Ainsi allégée, la porte se relève; elle est ensuite, pendant la vidange et le remplissage du sas, maintenue fermée par la pression de l'eau d'amont.

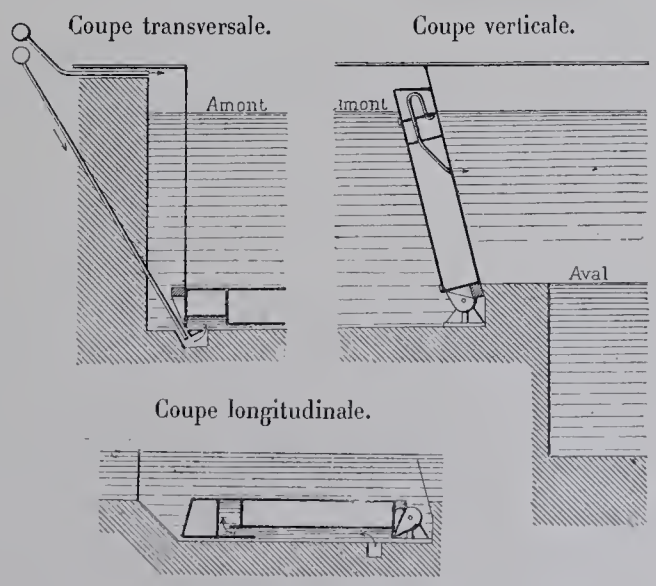


Fig. 101. — Écluse du canal de l'Elbe à la Trave. Manœuvre de la porte d'amont.

La chambre d'air, communiquant avec la face d'aval de la porte par un petit tube partant de son plafond et recourbé vers le bas, l'air qu'elle contient s'écoule pendant la vidange du sas et se trouve remplacé par de l'eau, venant du bief d'amont par le même chemin qu'avait suivi l'air comprimé. La porte, ainsi

surchargée, est prête à retomber automatiquement dans son enclave aussitôt que l'eau du sas aura pris le niveau de la retenue supérieure.

Les portes busquées d'aval sont liées chacune à une barre dont le mouvement est commandé par une chaîne, aux extrémités de laquelle sont attachés : d'un côté, un flotteur, et, de l'autre côté, un contrepoids. Le flotteur consiste en une cloche en fonte plongeant dans un puits constamment rempli d'eau. Quand la cloche est remplie d'eau, son poids l'emporte de 600 kilogrammes sur celui du contrepoids, elle s'enfonce dans le puits et la porte s'ouvre. Quand, au contraire, la cloche est remplie d'air, c'est le contrepoids qui l'emporte de 600 kilogrammes; le mouvement inverse se produit et la porte se ferme. Pour remplir d'air les cloches, on y fait arriver de l'air comprimé, provenant du même appareil qui en fournit pour la manœuvre de la porte d'amont. Pour les remplir d'eau, on laisse échapper l'air.

La durée d'une éclusée (fermeture des portes busquées, remplissage du sas, ouverture de la porte d'amont) est de 9 minutes. Les dépenses d'installation du système Hottopp s'élèvent à 30,000 francs pour une écluse sans bassin d'épargne, et à 41,250 francs pour une écluse avec bassin d'épargne. Les dispositifs habituels coûtent moins cher, mais ne sauraient être actionnés par un seul homme.

Les dépenses de construction du canal montent à environ 30 millions, dont un tiers est à la charge de la Prusse, avec limitation à un maximum de 9,375,000 francs. Les frais d'entretien et d'exploitation seront partagés dans la même proportion entre la Prusse et la ville de Lubeck.

Collaborateurs principaux : MM. Rehder et S. Eyde, ingénieurs en chef des travaux du canal; C. Wüg et P. Diestel, ingénieurs des travaux; M. l'ingénieur Hottopp, déjà cité, inventeur des appareils de vidange du sas et de manœuvre des portes; M. P. Petersen, ingénieur de l'entreprise des travaux; M. l'ingénieur en chef J. Greve, inventeur des leviers de manœuvre des aiguilles de barrage.

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR DU ROYAUME DE WURTEMBERG.

La direction des routes et de la navigation, ressortissant au Ministère de l'intérieur, expose 25 ponts-routes construits dans les quinze dernières années. 2 sont métalliques et 23 sont en maçonnerie, exécutés soit en béton, soit en pierres avec mortier de ciment. Ces derniers ouvrages, dus à l'initiative de M. Leibbrand, président de l'Office des routes et de la navigation, constituent, par l'application aux ponts en maçonnerie du système des voûtes articulées, jusque-là réservé aux arcs métalliques, une innovation des plus intéressantes. Les articulations sont au nombre de trois : une à la clef et, dans les voûtes en arc de cercle, deux aux naissances.

Dans les voûtes de médiocre et de moyenne amplitude, on fait usage de semi-articulations, consistant en tables de plomb ou de plomb durci par de l'antimoine, de 20 millimètres d'épaisseur et de 10 à 20 centimètres de largeur, interposées : au

sommet, entre deux voussoirs de clef, et, aux naissances, entre les voussoirs de retombée et leurs surfaces d'appui. Dans les voûtes de grande portée, on emploie de véritables articulations en acier, formées par deux barres, l'une convexe, l'autre concave, emboîtées l'une dans l'autre et fixées à des armatures en tôle, en forme de caisson, encastrées dans la maçonnerie. Enfin, on a usé, dans des voûtes de moyenne grandeur, d'articulations en granit analogues à celles en acier. Chaque demi-voûte se termine, à chaque extrémité, par un cours de voussoirs en granit, qui s'appuie sur le cours contigu de l'autre demi-voûte, ou de la culée, par une bande légèrement saillante d'environ 0 m. 10 de largeur. Les deux bandes juxtaposées, l'une convexe, l'autre concave, s'emboîtent l'une dans l'autre. Des lames de plomb de 5 millimètres d'épaisseur, interposées dans l'emboîtement, jouent, en quelque sorte, le rôle d'un graissage permanent; elles sont comprises entre deux plaquettes de cuivre qui empêchent le plomb d'entrer dans les pores du granit.

Grâce aux articulations qui donnent à la courbe des pressions une position certaine, on peut, à la condition d'employer des pierres résistantes ou du béton en bon ciment de Portland, réduire au minimum l'épaisseur des voûtes et construire avec économie des ponts très légers et très hardis. Aux ponts à multiples petites arches, on est ainsi conduit à substituer des ouvrages à grandes voûtes très surbaissées, qui facilitent l'écoulement des crues et des glaces. L'expérience a montré que, jusqu'à 50 mètres de portée, les voûtes en béton articulées peuvent être surbaissées au dixième de l'ouverture.

Parmi les ponts exposés, et construits depuis 1889, nous citerons les suivants :

Pont sur la Murg, près Baïersbronn (1889), en pierre, de 33 mètres d'ouverture, de 3 m. 30 de flèche et de 6 m. 60 de largeur, avec articulations en plomb. La voûte mesure 0 m. 60 d'épaisseur à la clef et 0 m. 80 aux naissances. Les joints en plomb mesurent 0 m. 18 de largeur et 0 m. 02 d'épaisseur. Le pont a été construit en quatre mois et la voûte en treize jours. La dépense s'est élevée à 23,890 francs, soit à 88 fr. 75 par mètre carré de surface totale en plan.

Pont sur le Forbach, près Baïersbronn (1890), en pierre, de 25 mètres d'ouverture, de 3 mètres de flèche et de 6 m. 60 de largeur, avec articulations en plomb. La voûte mesure 0 m. 60 d'épaisseur à la clef et 0 m. 80 aux naissances. Les joints en plomb mesurent 0 m. 13 de largeur et 0 m.02 d'épaisseur. Le pont a été construit en quatre mois et la voûte en douze jours. La dépense s'est élevée à 18,260 francs, soit à 86 francs par mètre carré de surface totale en plan.

Pont sur le Danube, à Munderkingen (1893), en béton avec têtes en pierre. L'ouverture apparente est de 50 mètres, la flèche de 5 mètres et la largeur de 8 mètres entre garde-corps. L'ouverture réelle au pied des fondations est de 59 mètres. Chaque demi-voûte, renflée dans la partie moyenne, mesure 1 mètre d'épaisseur à la clef, 1 m. 10 aux naissances et 1 m. 40 au point de rupture. Les articulations sont en

acier, avec 0 m. 07 de largeur d'appui, emboîtées suivant un arc de cercle de 0 m. 15 de rayon. Elles sont formées sur une largeur de 7 m. 50, par douze pièces discontinues de 0 m. 50 de longueur, portées par des sommiers en tôle mesurant 0 m. 50 de longueur, 0 m. 80 de hauteur et 0 m. 23 d'épaisseur. Le pont a été construit en sept mois.

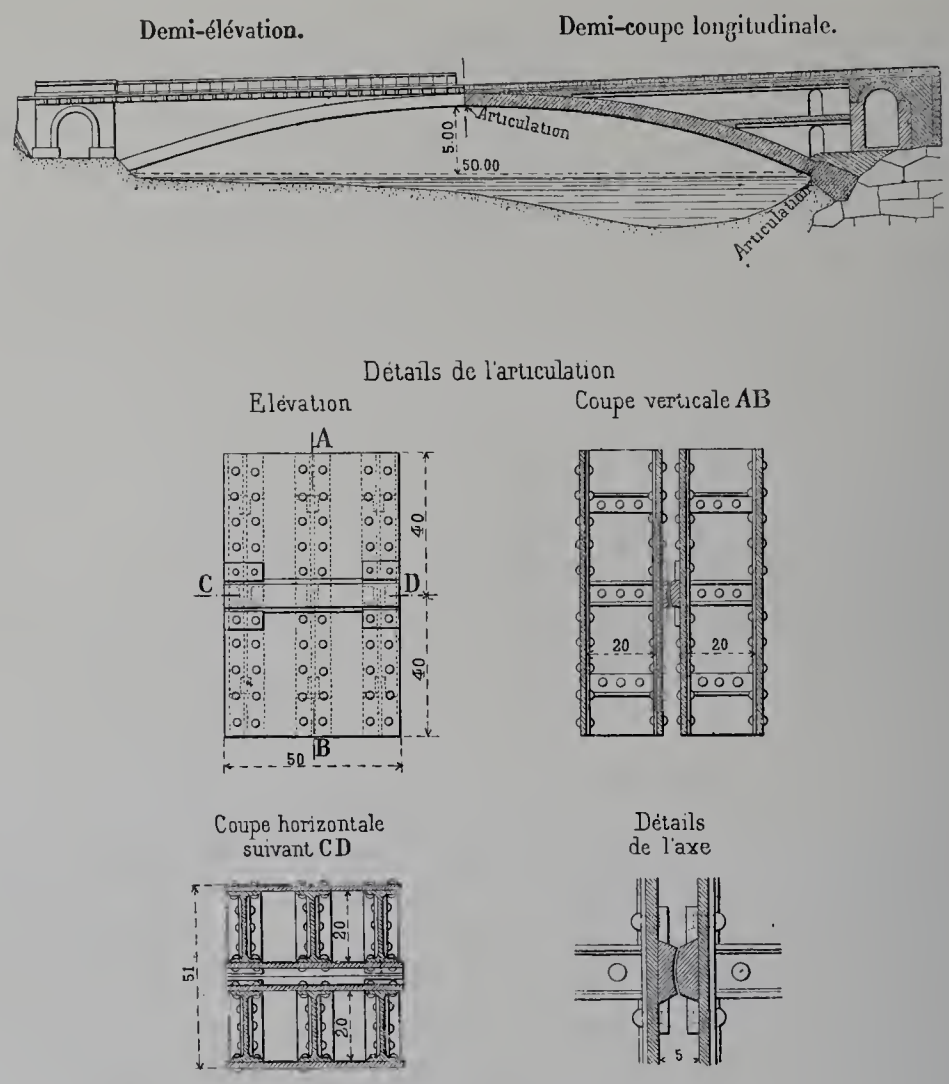


Fig. 102. — Pont de Munderkingen, sur le Danube.

La dépense s'est élevée à 88,750 francs, soit à 152 francs par mètre carré de surface totale en plan.

Pont sur l'Eyach, près Imnau (1896), en béton, composé d'une arche de 30 mètres d'ouverture et de 3 mètres de flèche, avec articulations en granit de 0 m. 10 de largeur. La largeur du pont sous la chaussée, égale à celle de cette chaussée, est seulement de 2 m. 50. Des trottoirs de 0 m. 75, portés par des consoles, sont en encorbellement de chaque côté. La voûte s'élargit progressivement depuis la clef jusqu'aux naissances où sa largeur atteint 3 m. 50. Chaque demi-voûte, renflée dans la partie moyenne, est épaisse de 0 m. 45 à la clef, de 0 m. 50 à la naissance et de 0 m. 80

au point de rupture. Les tympans sont évidés transversalement par de petites arcades. En somme, les dispositions adoptées sont exactement celles qu'on aurait pu réaliser dans un ouvrage métallique. Le pont a été construit en trois mois et demi et la voûte en cinq jours.

La dépense s'est élevée à 17,250 francs, soit à 84 francs par mètre carré de surface totale en plan.

Pont du roi Charles, sur le Neckar, entre Stuttgart et Cannstatt (1891-1893). — Ce grand ouvrage, qui mesure 249 m. 48 entre les socles des culées, se compose de cinq travées métalliques, dont les fermes en arc de parabole, articulées aux naissances, mesurent : dans la travée centrale, 50 m. 48 d'ouverture et 4 m. 86 de flèche; dans les travées extrêmes, 45 m. 51 d'ouverture avec 4 m. 38 de flèche d'un côté et 3 m. 70 de l'autre côté; et dans les travées intermédiaires, 48 mètres d'ouverture, avec 4 m. 51 de flèche d'un côté et 4 m. 38 de l'autre côté. Les arcs ont des sections en double T avec âmes pleines. Leurs épaisseurs au sommet sont respectivement, du milieu aux extrémités : 0 m. 83, 0 m. 79, 0 m. 75; les épaisseurs aux naissances mesurent : 0 m. 94, 0 m. 90, 0 m. 86.

La largeur du pont entre les parapets est de 18 mètres, dont 11 pour la chaussée. Chaque travée comprend six fermes espacées de 3 m. 20. Des montants relient les arcs aux longerons.

Fig. 103. — Pont du roi Charles, sur le Neckar, entre Stuttgart et Cannstatt.

Les piles, en pierre de taille, à fruit variable jusqu'aux retombées des arcs métalliques et à parement vertical au-dessus de ces retombées, sont fondées sur caissons à l'air comprimé, à environ 9 mètres sous l'étiage. La décoration, traitée avec beaucoup de recherche, offre un caractère très monumental. De vigoureux bossages rayent les piles et les culées. De grands pylônes, décorés de sculptures, se dressent de part et d'autre des deux entrées du pont. De hauts piédestaux portant des statues ou des vases surmontent les avant-becs des piles. Des escaliers monumentaux, donnant accès aux berges, sont disposés à l'amont des deux piles extrêmes et terminés en forme de proues de navire.

Rien n'a été négligé pour obtenir un grand effet architectural.

Le poids de la superstructure métallique, non compris les fers d'ornementation, monte à 1,380,460 kilogrammes; le volume du béton atteint 13,260 mètres cubes et celui de la maçonnerie 3,060 mètres cubes; on a employé 2,553 tonnes de ciment de Portland.

La dépense totale s'est élevée à 1,673,000 francs, dont 545,295 francs pour

la superstructure métallique, 441,000 francs pour les fondations, 297,000 francs pour la maçonnerie des piles et des escaliers, 107,000 francs pour leur décoration artistique.

Fig. 104. — Pont du roi Charles, sur le Neckar, entre Stuttgart et Cannstatt. Culée de rive droite avec pylône.

Collaborateurs principaux : au nom déjà cité, de M. le président Leibbrand, nous ajouterons celui de M. von Euting, directeur des travaux publics.

Direction générale des Chemins de fer de l'État du Grand-Duché de Bade. — **Le nouveau port de Kehl.** — Ce port, comme aussi le nouveau port de Strasbourg, se construit pour suffire aux besoins de la navigation, le jour où les bateaux du Rhin, qui se

chargent et se déchargent maintenant à Mannheim, pourront aller jusqu'à Strasbourg, à 137 kilomètres plus loin. Alors Kehl et Strasbourg supplanteront en partie Mannheim, comme Mannheim, jadis, a supplanté Mayence.

Le nouveau port de Kehl consistera en deux bassins parallèles très allongés, de 100 à 110 mètres de largeur au plan d'eau, creusés en aval de la ville, le long du Rhin, entre ce fleuve et la Kinzig, dans une partie convexe de la berge. Les bateaux y accèdent par l'aval. Le premier bassin, entrepris à partir de 1899, et dont on achève les installations, mesure 3,200 mètres de longueur, y compris un chenal de 700 mètres de longueur et de 110 mètres de largeur moyenne, qui donne également accès au second bassin.

Le second bassin, dont la construction commencée en 1901, doit être achevée en 1902, mesure 2,200 mètres de longueur et 100 mètres de largeur. Il est séparé du premier par un terre-plein, d'environ 200 mètres de largeur, sur lequel sont établis les hangars et les magasins. Des voies ferrées, reliées à la gare de Kehl, desservent les deux rives de chaque bassin; leur longueur atteindra 40 kilomètres. Il y aura 2,200 mètres de murs de quai et 5,900 mètres de talus perreyé. La surface des terre-pleins dépassera 80 hectares.

Le premier bassin communique aussi par l'amont avec le Rhin.

Le canal de communication, élargi à l'amont pour former un petit port de refuge, est fermé par un barrage, qui met le port à l'abri des grandes eaux, et dont la chute atteignant 2 m. 60 est utilisée pour fournir, au moyen d'une usine hydro-électrique, la force nécessaire à la manœuvre des engins de manutention du port et à l'éclairage de la gare. Déjà une vingtaine de grues et de monte-charges et deux élévateurs à blé fonctionnent sur les quais.

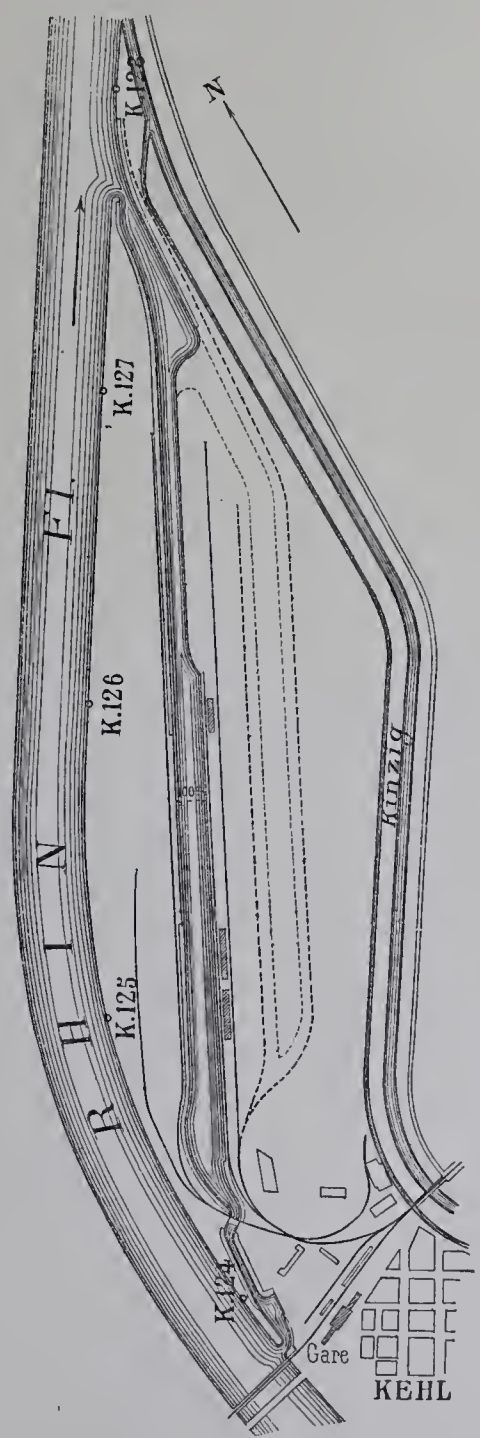


Fig. 105. — Port de Kehl.

Collaborateur principal : M. R. Tegeler, ingénieur en chef des travaux du port de Kehl.

Sénat de la ville libre hanséatique de Hambourg. — **Le port de Hambourg et l'Elbe inférieure.** — Hambourg, la première ville commerciale de l'empire allemand,

Imprimerie nationale.

est située sur l'Elbe, à 105 kilomètres dans l'intérieur des terres, en un point du fleuve où l'amplitude moyenne de la marée est encore de 1 m. 90. Des travaux de correction et des dragages considérables, opérés depuis quarante ans dans la Basse-Elbe,

Fig. 106. — Port de Hambourg.

permettent aux plus grands navires de commerce d'arriver jusqu'au port avec leur pleine cargaison. Onze dragues à vapeur fonctionnent aujourd'hui dans le fleuve et dans les bassins du port. Les cinq plus puissantes peuvent extraire, jusqu'à 12 mètres de

profondeur, 3,000 mètres cubes par jour. Le cube annuel des dragages a varié, dans les dix dernières années, de 1,900,000 à 2,800,000 mètres cubes, qu'on a employés à combler des faux bras et à exhausser les rives. Le chenal, parfaitement éclairé et balisé, peut être parcouru de nuit comme de jour.

Jusqu'en 1866, les installations du port de Hambourg se bornaient à des estacades, pilotis et ducs d'Albe, établis dans les anses et dans les bras naturels de l'Elbe. Les navires de mer s'y amarraient, et les opérations de chargement et de déchargement s'effectuaient, sans l'aide d'engins ni d'installations d'aucune espèce, au moyen de bateaux plats particuliers dits *schuten*. Ceux-ci prenaient ou amenaient les marchandises dans les entrepôts et les magasins, situés en bordure des canaux à faible tirant d'eau qui sillonnent une partie de la ville. Ce système de manutention est encore aujourd'hui pratiqué sur une grande échelle, concurremment avec l'emploi des engins mécaniques, installés sur les quais accostables, pourvus de hangars et de magasins, qu'on a construits sur les berges du fleuve et sur les bords des nouveaux bassins.

Le développement du port maritime, commencé, à partir de 1866, par la construction du bassin dit *Sandthorhafen*, sur la rive droite de l'Elbe, s'est continué par la création sur la même rive de plusieurs autres bassins et de quais fluviaux. Une nouvelle impulsion a été donnée, en 1885, à l'accroissement du port, en suite de l'entrée de Hambourg dans l'union douanière allemande et de la conversion du port maritime en port franc. Un ensemble de vastes bassins a été créé sur la rive gauche du fleuve, en face des bassins de la rive droite. Mais, si rapide est l'extension du commerce, qu'il a fallu, ces bassins à peine terminés, en créer un nouveau groupe, mesurant 76 hectares de surface d'eau, sur la rive gauche, en aval des précédents. Ces derniers, qui sont actuellement en construction, seront, comme tous les autres, des bassins librement ouverts. Hambourg est un port de marée. Le caractère général des bassins est de former des groupes ayant la forme d'un éventail plus ou moins déployé. Ces bassins, de forme allongée, plus larges au fond qu'à l'entrée, rencontrent le fleuve obliquement, de manière à rendre faciles l'entrée et le départ des navires.

L'ensemble des bassins et nappes d'eau affectés aux bateaux de mer mesure actuellement 165 hectares de superficie. La longueur des quais est de 16 kilom. 5, et leur surface de 111 hectares. Il y a dans l'Elbe, plus de 10 kilomètres de lieux de stationnement avec pilotis ou ducs d'Albe. Le port maritime contient cinquante-deux hangars, occupant 9 kilom. 7 de quais et couvrant 26 hectares; il possède 143 kilomètres de voies ferrées, dont 66 le long des quais. Les engins de manutention, employés sur les quais, sont les suivants : 76 grues fixes, à vapeur, à eau comprimée, électriques ou à main, dont une de 150 tonnes, une de 50 tonnes, une de 40 tonnes, une de 12 tonnes 5, et les autres, de 1 à 2 tonnes 5; 442 grues roulantes de 1 à 3 tonnes, dont 263 à vapeur, 84 électriques et 95 à main; 6 grues roulantes de 3 à 7 tonnes 5; des treuils, des cabestans, des monte-charges, etc. De nombreux instruments de radoub sont la propriété de particuliers.

Le trafic du port de Hambourg, entrées et sorties réunies, qui avait été en moyenne

de 980,115 tonnes, entre 1851 et 1860, s'est élevé à 4,129,800 tonnes en 1880 et à 7,519,300 tonnes en 1890, pour atteindre 12,856,732 tonnes en 1898. Hambourg dépasse de beaucoup aujourd'hui tous les autres ports du continent européen. Pour se faire une juste idée de son extraordinaire prospérité, il faut savoir que, en 1866, on n'y trouvait que 1,000 mètres de quais, 1,000 mètres superficiels de hangars et une seule grue mobile.

Outre son port franc maritime, Hambourg possède un port fluvial très important dont le trafic (5,910,278 tonnes en 1898) dépasse celui de Berlin et ne le cède qu'à celui des ports de Ruhrort-Duisbourg, sur le Rhin. Le port fluvial de Hambourg se développe sur les deux rives de l'Elbe, en amont et sur le pourtour du port maritime. Le tirant d'eau par haute mer y varie en général de 4 à 5 mètres. La surface en eau y mesure 162 hectares, la longueur des quais 17,700 mètres et la surface des terre-pleins 51 hectares.

Il existe, en outre, de très nombreux canaux et embranchements navigables, mesurant 129 hectares de surface d'eau avec 51 kilomètres de berges et 184 hectares de terre-pleins.

En somme, le port de Hambourg comprend, tout réuni : 456 hectares de surface d'eau; 85 kilomètres de quais ou de berges; 346 hectares de terre-pleins.

Collaborateurs principaux : MM. Buchheister, directeur des travaux; A. Meyer, directeur des travaux du port; Krieg, ingénieur en chef des travaux du port; Wendemuth, Ingwersen, Schröder, Vermehren, Wulff, Merckel, ingénieurs en chef.

Sénat de la ville libre hanséatique de Brême. — **Les ports de Brême et de Bremerhafen; l'amélioration du Weser.** — Entré en 1885, comme Hambourg, dans le Zollverein allemand, Brême exécuta, de 1885 à 1888, son nouveau port franc, situé à l'aval de la ville, sur la rive droite du Weser. Il consiste en un bassin de 2,000 mètres de longueur sur 120 mètres de largeur, mesurant 24 hectares de surface d'eau, possédant 3,000 mètres de quais et 7 hectares 4 de hangars, desservi par 72 grues hydrauliques, dont trois fixes : une de 10 tonnes, deux de 1 tonne 5 et 69 grues mobiles : une de 4 tonnes, 12 de 2 tonnes 4 et 56 de 1 tonne 5. La dépense s'est élevée à 40 millions de francs. L'extension prise, depuis lors, par le commerce de Brême, extension grandement favorisée par la régularisation et l'approfondissement du cours inférieur du Weser, qui rendent Brême accessible aux navires calant 5 m. 80, va amener l'agrandissement du port franc. Deux nouveaux bassins, parallèles à ceux qui existent, sont en projet.

Le trafic du port de Brême, qui était de 1,040,000 tonnes en 1875, s'est élevé, en 1880, à 1,597,460 tonnes, et en 1890, à 2,265,390 tonnes, pour atteindre, en 1898, 3,624,039 tonnes.

Le *port de Bremerhafen* situé à l'embouchure du Weser, à 63 kilom. 5 de Brême, destiné à recevoir les navires dont il faut transborder la cargaison parce que leur tirant d'eau ne leur permet pas de remonter le Weser, se composait de trois bassins à flot,

ouverts de 1830 à 1876, mesurant ensemble 22 hectares 3 de superficie. Ni ces bassins ni les écluses qui leur donnaient accès n'avaient les dimensions voulues pour recevoir les grands vapeurs modernes. Aussi vient-on d'agrandir le bassin d'aval, de l'approfondir à 9 m. 50 et de le relier au Weser par une écluse à sas ayant 215 mètres de longueur utile, 28 mètres de largeur, 11 mètres de tirant d'eau sur le seuil, lors des hautes mers moyennes, et 7 m. 66 lors des basses mers moyennes. Avec ce même bassin communique un nouvel établissement de radoub comprenant un avant-bassin, un bassin pour les réparations et un bassin de radoub mesurant 220 mètres de longueur utile et 27 m. 60 de largeur à l'entrée. Dans son état actuel, le port de Bremerhafen à 36 hectares 2 en surface d'eau, avec 6,215 mètres de quais et 12 hectares 8 de magasins et hangars.

Il possède trois grues mobiles de 1 tonne 5 et 12 grues fixes dont une de 150 tonnes, deux de 50 tonnes, une de 45 tonnes, une de 30 tonnes, deux de 20 tonnes et 5 de 12 tonnes 5 à 2 tonnes. La dépense des travaux neufs exécutés de 1892 à 1899 s'est élevée à 30,250,000 francs.

L'amélioration du Weser, exécutée à partir de 1887, entre Bremerhafen et Brême, sur un parcours de 69 kilomètres réduit à 63 kilom. 5 par les rectifications, a consisté dans la régularisation du lit au moyen de coupures supprimant les sinuosités gênantes et de digues longitudinales en fascinage, fermant les bras secondaires et réglant la largeur.

Celle-ci varie, d'une manière continue, entre Brême et Bremerhafen, de 80 à 960 mètres pour le lit mineur et de 130 à 1,440 mètres pour le lit majeur. Grâce à ces travaux, dirigés par M. Franzius, et aux dragages qui les ont accompagnés, le tirant d'eau minimum du Weser a passé de 2 m. 75 en 1887 à 5 m. 80 en 1899; et l'approfondissement cherché s'est trouvé pleinement obtenu.

En même temps qu'on améliorait le Weser entre Bremerhafen et Brême, on s'occupait d'améliorer le chenal du fleuve dans son estuaire, en aval de Bremerhafen. On veut y obtenir, à mer basse, une profondeur minimum de 8 mètres. Les travaux ne sont pas encore achevés. La dépense totale pour l'amélioration du Weser atteindra 47,500,000 francs.

Collaborateurs principaux : Au nom déjà cité de M. Franzius, directeur des travaux, nous ajouterons ceux de MM. H. Bücking, ingénieur en chef de la correction du Weser inférieur; Ed. Suling, ingénieur en chef des travaux du port de Brême; R. Rudolf, ingénieur en chef des travaux de Bremerhafen, et ceux des ingénieurs G. de Thierry Weser inférieur); H. Tillmann (port de Brême); F. Claussen et O. Günther (port de Bremerhafen).

Municipalité de la ville de Mannheim. — **Direction des chemins de fer du Grand-Duché de Bade et du Palatinat; ports de Mannheim et de Ludwigshafen.** — Les deux ports de Mannheim et de Ludwigshafen sont situés l'un en face de l'autre : le premier sur la rive droite du Rhin, dans le grand-duché de Bade; le second, sur la

rive gauche, dans le Palatinat bavarois. Le tableau suivant montre l'importance croissante du trafic de ces ports :

	1880.	1890.	1898.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Mannheim	1,073,469	2,683,150	4,508,271
Ludwigshafen	239,658	815,500	1,324,497

Le trafic, en 1898, des deux ports réunis (5,832,768 tonnes) les classe au troisième rang des ports fluviaux allemands, après Duisbourg-Ruhrort (11,388,267 tonnes) et Hambourg (5,910,278 tonnes), un peu avant Berlin (5,632,398 tonnes). Leur rapide prospérité tient à ce qu'ils se trouvent à l'extrémité de la partie régularisée et approfondie du Rhin, de cette grande voie de pénétration par eau qui autrefois s'arrêtait à Mayence, maintenant supplantée par Mannheim, voie de pénétration qu'il serait bien difficile, heureusement pour Mannheim, de faire monter plus avant jusqu'à Strasbourg.

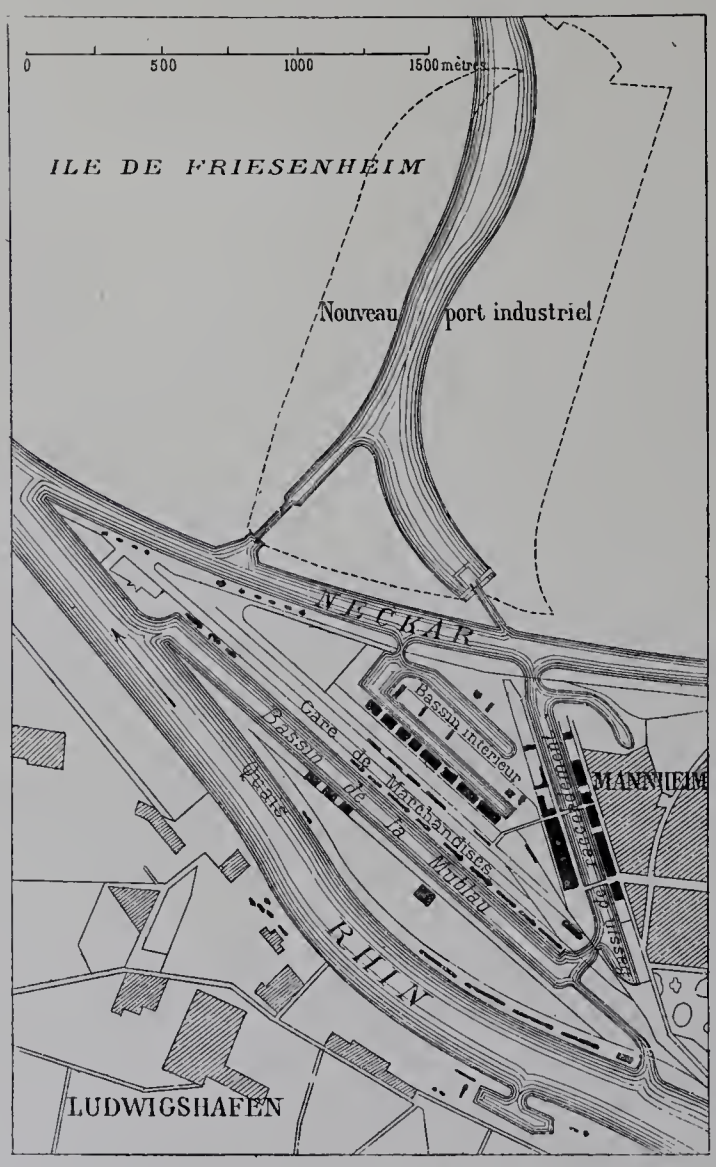


Fig. 107. — Port de Mannheim.

Le port de Mannheim, situé au confluent du Rhin et du Neckar, dans la pointe qui sépare ces deux cours d'eau, s'est formé à partir de 1866. Il comprend : deux quais, celui du Neckar, long de 5,900 mèt., et celui du Rhin, long de 3,500 mètres avec 2,025 mètres de murs verticaux; trois bassins, le bassin de la Muhlau, de 26 hectares 5, y compris l'ancien petit bassin douanier, le bassin intérieur, de 8 hectares 24, et le bassin de raccordement, de 8 hectares 31, qui unit le Rhin au Neckar, en coupant la pointe occupée par les deux autres bassins et par les terre-pleins. La surface de ceux-ci est de 45 hectares. A ces établissements s'ajoute un vaste bassin formé par un ancien bras du Rhin, dit *bassin de flottage*, situé de l'autre côté du Neckar et communiquant avec lui. Il a plus de 6 kilomètres de

longueur et sa superficie dépasse 100 hectares. Au total, le port de Mannheim comprenait, en 1899, environ 220 hectares de surface d'eau, dont 43 hectares de bassins entre le Rhin et le Neckar, et 20 kilomètres de berges utilisables, dont 4 kilom. 8 de murs de quais. Partout dans le port, le mouillage est de 3 m. 35 à l'étiage et de 4 m. 50 en eaux moyennes. Au milieu des bassins d'entre-Rhin et Neckar est la gare centrale, desservant avec près de 100 kilomètres de rails toutes les parties du port. L'outillage consiste en 129 grues électriques, à vapeur ou à main, 16 élévateurs de blé, 26 déchargeurs de houille, 19 pontons et embarcadères, 110 magasins, halles ou hangars, 17 tanks à pétrole, etc.

La constante extension du trafic a fait décider, en 1895, l'agrandissement du port; on a commencé les travaux en mars 1897. Ils consistent dans la transformation du bassin de flottage sur la rive droite du Neckar, en un vaste *port industriel,* d'une superficie d'environ 150 hectares, dont 53 hectares en surface d'eau, et le reste en terre-pleins, que l'industrie pourra utiliser. On accédera au bassin central, mesurant environ 2,2 kilomètres de longueur sur 250 mètres de largeur moyenne, par un large canal terminé, à sa rencontre avec le Neckar, par une écluse de 110 mètres de longueur utile et de 12 mètres de largeur. Le développement des berges utilisables atteindra 7,480 mètres; la dépense est estimée à 11 millions.

Le port de Mannheim est surtout un port de transit; celui de Ludwigshafen est plutôt industriel. Il comprend : 3,500 mètres de berges sur le Rhin, dont 1,000 mètres de murs et le reste en perrés; l'ancien bassin, de 310 mètres sur 80, avec 2 hectares 9 de surface d'eau et 630 mètres de murs de quais; le nouveau bassin, dont la construction s'achève, de 1,200 mètres sur 91, mesurant 11 hectares et communiquant avec le Rhin par ses deux extrémités. L'outillage consiste en 33 grues, 7 élévateurs de blé, 9 entrepôts, 10 halles et hangars, 3 ponts tournants. La dépense pour le nouveau bassin monte à 4 millions et demi. L'ensemble des dépenses faites, depuis 1866, à Mannheim et à Ludwigshafen, y compris celles des travaux en cours, atteint le chiffre de 60 millions.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs en chef Wasmer et Eisenlohr, et M. l'ingénieur Fr. Feil.

Municipalité de la ville de Cologne. — **Port de Cologne.** — Cologne est à 340 kilomètres de l'embouchure du Rhin, rendu navigable jusqu'à la mer (sauf dans quelques parties du territoire hollandais, où les travaux ne sont pas encore terminés) avec 3 mètres de tirant d'eau à l'étiage et 4 m. 40 en eaux moyennes, sur au moins 150 mètres de largeur.

Les travaux d'amélioration et d'agrandissement du port, mis à l'étude à partir de 1879, ont été commencés en 1886. Le port s'étend le long du Rhin, sur les deux rives, celle de Cologne à gauche, celle de Deutz, à droite.

Il comprend, sur chaque rive, des quais et un bassin. Du côté de Cologne, les quais du Rhin s'étendent, de part et d'autre du pont de bateaux, sur une longueur de

8,385 mètres, dont 3,055 avec murs verticaux et 5,330 avec talus perreyés. Le bassin de Rheinau, situé en amont du pont, mesure environ 750 mètres de longueur, avec une largeur qui varie de 100 mètres au milieu à 40 mètres aux extrémités; il a 5 hectares 7 de surface d'eau, et 1,470 mètres de quais verticaux. Les terre-pleins utilisables, tant le long des quais du Rhin qu'autour du bassin, occupent 32 hectares 3.

Au droit de ce bassin sont situés 3 entrepôts : l'un avec caves, rez-de-chaussée voûté et 4 étages, mesurant 122 m. 80 sur 20 mètres et fournissant 13,000 mètres carrés de surface utilisable; les deux autres, avec caves, rez-de-chaussée et un étage, mesurant chacun 90 m. 80 sur 20 mètres, et fournissant ensemble 12,500 mètres superficiels. Il existe en outre un entrepôt municipal, un magasin à blé et 7 hangars. L'ensemble de ces constructions occupe 4 hectares 7. L'outillage de manutention consiste en 44 grues, dont 35 hydrauliques (28 mobiles) de 1,5 à 30 tonnes, et 9 à vapeur de 2 à 4 tonnes; 10 monte-charges, 3 élévateurs à blé, quelques treuils et cabestans.

Les quais de la rive droite mesurent 4,165 mètres, dont 1,515 avec murs verticaux. Le bassin de Schnellert, en construction, aura une surface d'eau de 19 hectares.

En somme, le port de Cologne, complété par les travaux en cours d'exécution, comprendra : 2 bassins avec 24 hectares 76 de surface d'eau, 14 kilomètres de quais dont 6 kil. 040 avec murs verticaux, et 18 kilomètres de voies ferrées.

Les travaux, exécutés de 1892 à 1898, ont coûté 25 millions de francs. Ceux en cours coûteront 5 millions.

Le trafic, qui, de 366,724 tonnes en 1856, était tombé à 214,367 tonnes en 1880, s'est relevé à 523,600 tonnes en 1890, pour atteindre 895,427 tonnes en 1898. Le port de Cologne retrouve ainsi son ancienne prospérité.

Collaborateurs principaux : MM. W. Bauer, ingénieur en chef; F. Schultz-Völcker, et O. Kraus, ingénieurs des travaux du port; M. G. Christophe (étude de l'outillage).

Après avoir passé en revue les travaux, consistant surtout en ouvrages de navigation intérieure ou maritime, exposés par des États ou des villes de l'empire d'Allemagne, nous allons examiner les ouvrages exposés par des établissements de construction et par des constructeurs :

Société de construction de machines de Duisbourg. — L'usine de Duisbourg, sur le Rhin, dont la raison sociale était autrefois Bechem et Keetman, a été fondée en 1862; elle occupe un millier d'ouvriers et construit principalement, en ce qui concerne les ouvrages ressortissant à la Classe 29, des appareils de traction et de levage de toute espèce et de toute dimension, des compresseurs d'eau et d'air, des installations d'eau comprimée, en un mot tout le matériel de l'outillage des ports. Elle exécute notamment des grues de toute sorte, fixes ou roulantes, électriques, hydrauliques, à vapeur

ou à main, dont elle a exposé un grand nombre de types, parmi lesquels deux grues de 150 tonnes.

L'une, tournante et oscillante, pivotant autour d'un axe, maintenu par deux béquilles amarrées dans le sol, peut parcourir un secteur de 180 degrés. Elle fonctionne dans le port de Hambourg.

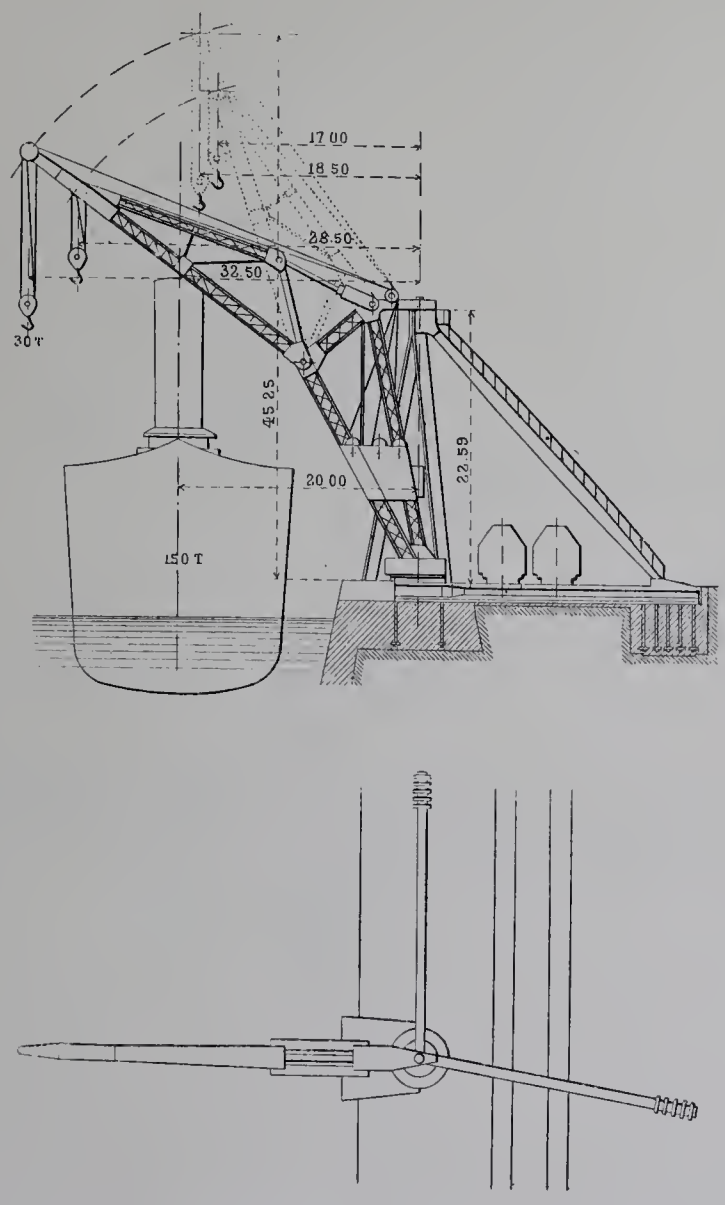


Fig. 108. — Grue tournante et oscillante de 150 tonnes.

L'autre, installée sur le quai de l'usine Krupp, à Gaarden, près Kiel, parcourt le cercle complet. Elle consiste en une poutre horizontale montée sur une colonne tournante. Celle-ci, évasée de bas en haut et soutenue, à son pied, par la maçonnerie des fondations, est maintenue, à sa partie supérieure, par un bâti fixe, formé de trois béquilles inclinées et entretoisées l'une avec l'autre, portant une couronne circulaire. Le mouvement de rotation se fait, haut et bas, par roulement sur des galets. La poutre horizontale, mesurant 59 m. 50 de longueur totale, se partage en une volée de

38 mètres et une culasse de 21 m. 50; elle soutient, d'un côté, le chariot roulant auquel est accroché la charge et, de l'autre côté, un contrepoids équilibrant la plus

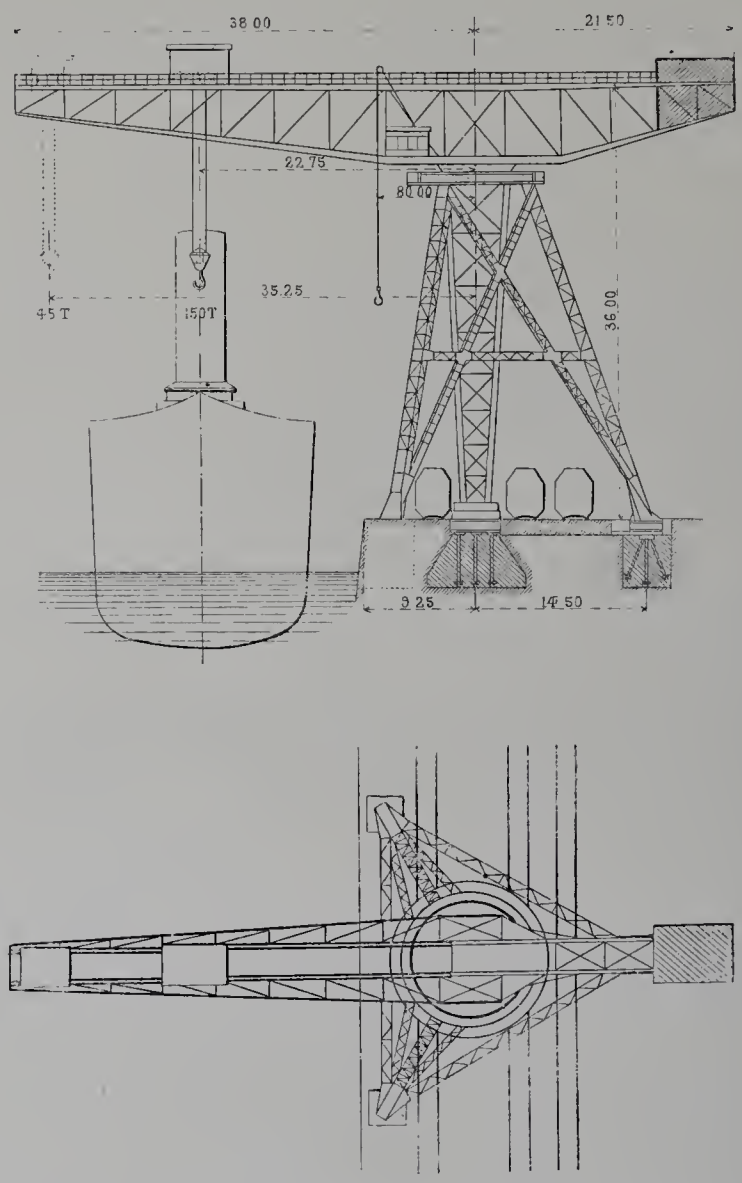


Fig. 109. — Grue de 150 tonnes à poutre tournante horizontale.

forte charge imposée à la grue. La volée utile varie de 8 mètres à 35 m. 25, avec un parcours de 27 m. 25 pour la charge. Jusqu'à 22 m. 75 de l'axe, la grue peut soulever 150 tonnes. A 32 m. 25 de l'axe, elle en soulève 45. Le dessus de la poutre horizontale est à 36 mètres au-dessus du sol.

Gutehoffnungshütte (Société d'exploitation de mines et de travaux métalliques, à Oberhausen, dans la province rhénane). — Ce grand établissement industriel, dont la fondation remonte au siècle dernier, a d'abord été une fonderie, à laquelle se sont ajoutés successivement des ateliers de construction de machines, puis de chaudières, puis des forges, et enfin, en 1864, un atelier de construction de ponts, établi, depuis

1893, dans une halle métallique à 3 nefs de 225 mètres de longueur sur 48 mètres de largeur. Cette dernière usine, qui occupe 1200 ouvriers et livre environ 18,000 tonnes par an, construit, outre des ponts, situés dans toutes les parties du monde (Norvège, Russie, Finlande, Danemark, Hollande, Suisse, Roumanie, Grèce, Java, Chine, Égypte, Transvaal, République Argentine, Vénézuela, Colombie, Brésil), des bâtiments de toute espèce à couverture et supports métalliques, notamment des halles de gares de chemins de fer (Bonn, Deutz, Dusseldorf, Elberfeld, Francfort-sur-le-Mein, Anhalt, Berlin), des docks flottants (Dantzig, Wilhemshafen, Kiel, Hambourg, Stettin, etc.), des grues flottantes (40 tonnes à Ruhrort, 100 tonnes à Kiel, 80 tonnes à Rio-de-Janeiro).

La Société Gutehoffnungshütte s'est contentée d'exposer trois grands ponts, dont deux sur le Rhin, à Bonn et à Dusseldorf, et un sur l'Aar, à Berne. Elle aurait pu y ajouter : le *pont-route de Fordon, sur la Vistule* (1891-1893), de 1,288 mètres de longueur, composé de 5 poutres semi-paraboliques, à treillis double, de 98 m. 50 de portée et de 13 poutres droites, à treillis double, de 61 m. 20 de portée, comprenant 11,000 tonnes de métal, et le *pont de Levensau,* sur le canal de Kiel, dont il a été rendu compte précédemment. (*Direction impériale des canaux.*)

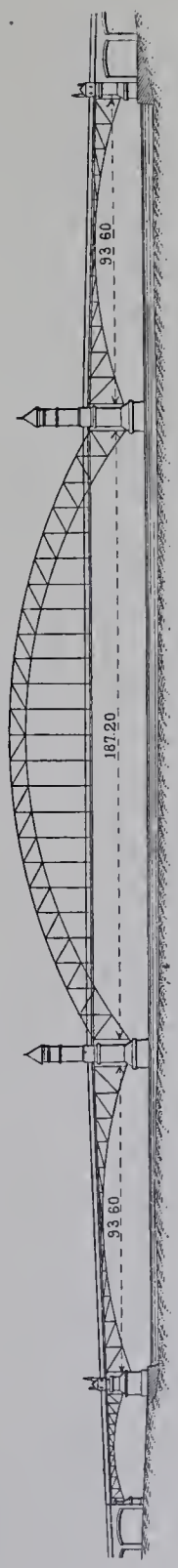


Fig. 110. — Pont-route de Bonn, sur le Rhin.

Pont-route sur le Rhin, à Bonn (1896-1898). Ce grand et remarquable ouvrage comprend, comme parties métalliques, une travée centrale de 187 m. 20 d'ouverture, deux travées latérales de 93 m. 60 d'ouverture, plus, du côté de Beuel, une travée de rive de 32 m. 50. Il est complété par neuf arches en maçonnerie très surbaissées, dont sept du côté de Beuel et deux du côté de Bonn. La largeur du pont est de 14 mètres et l'espacement des fermes, d'axe en axe, de 10 mètres. La travée centrale est constituée par deux fermes en arc, articulées aux naissances, traversées par le tablier au quart inférieur de leur hauteur totale. Les arcs, à courbure parabolique, sont à treillis en N. Les mailles, au nombre de 24, mesurent 7 m. 80 de largeur entre les barres verticales; celles-ci sont prolongées par les montants auxquels est suspendu le tablier. Il y a deux contreventements : l'un, à hauteur du tablier; l'autre au sommet des arcs, ce dernier interrompu à 15 m. 60 de chaque extrémité.

Les deux fermes des travées latérales, en arc de cercle très surbaissé, articulées aux naissances, portent le tablier à leur partie supérieure. Le longeron est lié à l'arc par

un treillis en N, dont les montants, articulés sur l'arc, sont espacés de 7 m. 80, comme ceux de la travée centrale. La petite arche de 32 m. 50 est établie suivant le même système de construction.

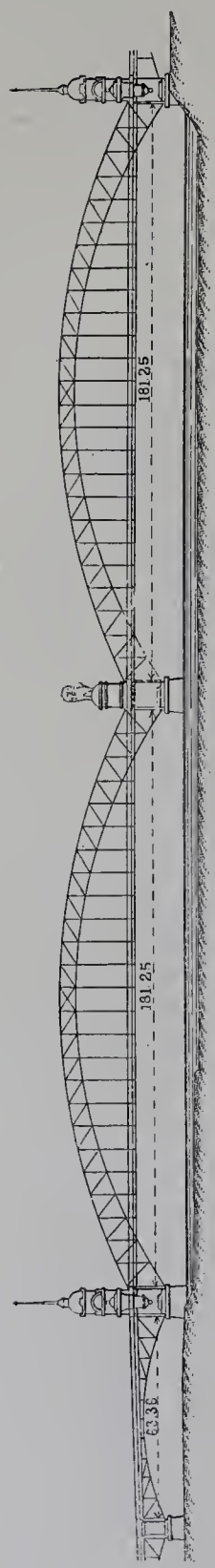


Fig. 111. — Pont-route de Dusseldorf, sur le Rhin.

Les piles et les culées en maçonnerie, avec tours sur les piles principales, de part et d'autre de la travée du milieu, sont fondées sur des massifs de béton coulés dans des enceintes, à 5 mètres au-dessous de l'étiage pour les piles, à 4 mètres et à 3 m. 50 au-dessous de l'étiage pour les culées.

Le poids total du métal atteint 3,200 tonnes, dont 1,800 tonnes pour la travée centrale.

La dépense s'est élevée à environ 5 millions de francs.

Pont-route sur le Rhin, à Dusseldorf (1896-1898). — Le pont de Dusseldorf se compose de 2 grandes travées, de 181 m. 25 d'ouverture entre les articulations, semblables, dans leur construction, à la travée centrale du pont de Bonn, et de 4 travées, 3 d'un côté et 1 de l'autre, de 57 m. 02 à 63 m. 36 d'ouverture, semblables aux 2 travées latérales du pont de Bonn.

Il y a 26 montants, espacés de 7 m. 25, dans chaque grande travée, et 11 montants dans chaque petite travée.

La largeur du pont est de 15 mètres et l'espacement des fermes, d'axe en axe, de 10 mètres.

Les piles et les culées sont en maçonnerie. Les 3 piles portant les grandes travées sont surmontées de tours. 2 de ces piles, dont celle du milieu, sont fondées sur caissons à l'air comprimé. Les autres piles et les culées sont fondées sur des massifs de béton, coulés dans des enceintes en charpente.

Le poids total du métal est de 5,150 tonnes. La dépense s'est élevée à la somme de 4,750,000 francs.

Pont-route sur l'Aar, à Berne (1895-1898). — Ce pont, construit à une assez grande hauteur au-dessus de la vallée de l'Aar, comprend une travée centrale, de 114 m. 86 d'ouverture, prolongée, d'un côté, par 4 travées de 34 m. 42 et une de 15 m. 50 et, de l'autre côté, par une travée de 34 m. 42 et une de 15 m. 50.

La largeur du pont est de 12 m. 60. La travée centrale est franchie par 2 arcs, à treillis d'épaisseur croissante du sommet aux naissances, appuyés aux retombées sur toute leur tranche et portant le tablier supérieur par l'intermédiaire de montants verticaux, au nombre de 5 de chaque côté

de la clef. Dans les 5 travées de 34 m. 42, le tablier est également porté par des arcs. Il est soutenu par des poutres droites dans les petites travées de rive. Les piles et les culées sont en maçonnerie.

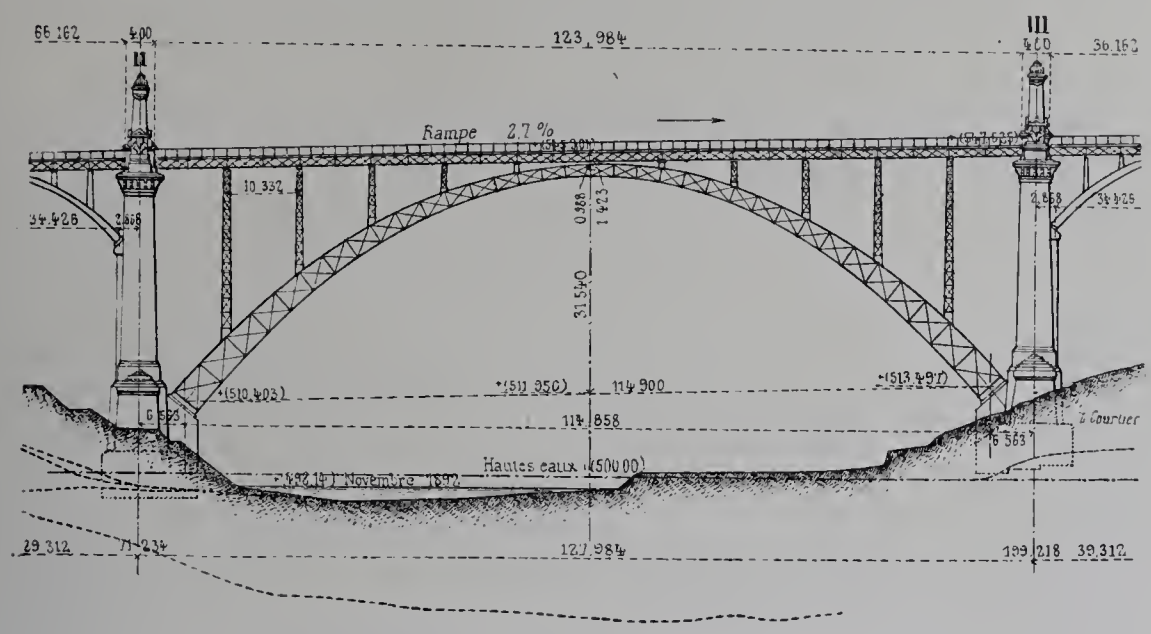


Fig. 112. — Pont de la Halle aux blés, sur l'Aar, à Berne. Schéma de la travée centrale.

Les piles de la grande arche se terminent par des couronnements à consoles que surmontent des obélisques. Le poids total du métal s'élève à 1,820 tonnes, dont 905 pour la grande arche.

Collaborateur principal : M. le professeur R. Krohn, ingénieur en chef.

Haniel et Lueg, à Dusseldorf-Grafenberg. — La grande usine fondée sous ce titre en 1873 et occupant aujourd'hui 1,600 ouvriers comprend, outre des fonderies et des forges, un atelier de construction de machines, où l'on fabrique, en ce qui concerne la Classe 29, des machineries hydrauliques, des ponts tournants et levants, des appareils à élever les bateaux, des grues hydrauliques, fixes ou mobiles, de toutes formes et dimensions.

La maison Haniel et Lueg s'est particulièrement signalée par la construction de l'*ascenseur de Henrichenburg*, qui fait franchir aux bateaux, sur le canal de Dortmund à l'Ems, une dénivellation de 14 mètres. La construction de ce très important et remarquable ouvrage, dont il a été rendu compte précédemment (*Ministère des travaux publics de Prusse, canal de Dortmund à l'Ems*), a été attribuée à MM. Haniel et Lueg, à la suite d'un concours auquel avaient été appelés les six principaux établissements allemands. Les mêmes constructeurs ont fourni les appareils de compression et de manœuvre hydraulique de trois grands ponts tournants sur le canal de Kiel (*Direction impériale des canaux, Canal Empereur-Guillaume*), et de divers autres ponts tournants. Ils ont exécuté des distributions d'eau comprimée, des grues et des treuils hydrauliques pour les ports

de Hambourg et de Venise, pour les gares de Francfort-sur-le-Mein, de Cologne et de Dusseldorf, etc.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs en chef B. Gerdau (auteur de l'ascenseur de Henrichenburg); J. Riemer (direction des ateliers); M. l'ingénieur Jungblud (construction de l'ascenseur).

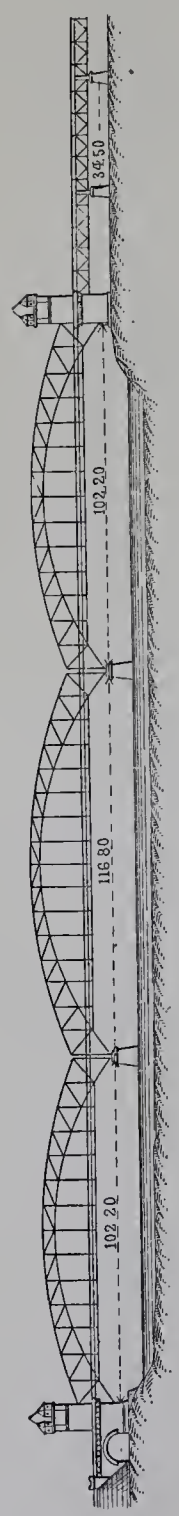


Fig 113. — Ponts pour chemins de fer, sur le Rhin, à Worms.

Société Harkort, à Duisbourg-sur-le-Rhin. — Ce grand établissement de constructions métalliques a été fondé, en 1846, par J.-K. Harkort, le premier industriel allemand qui ait créé une usine spéciale pour l'exécution des ponts en métal. A cette industrie se sont ajoutées celles de la construction des wagons, du laminage du fer et des fondations pneumatiques. La maison Harkort a construit 11 ponts sur le Rhin, 2 sur la Moselle, 4 sur le Weser, 5 sur l'Elbe (dont 3 à Hambourg), 3 sur la Vistule (dont le nouveau pont de Dirschau), le phare de Rothensande dans la mer du Nord, les portes d'écluses et les ponts tournants du canal de Kiel. Elle livre annuellement environ 15,000 tonnes de constructions métalliques et occupe de 1,000 à 1,200 ouvriers.

Le *phare de Rothensande* est une construction des plus remarquables, dont nous regrettons de ne pouvoir rendre compte ici, à cause de la date trop reculée de son exécution (1882-1885).

Les autres travaux exposés par la Société Harkort consistent, outre divers ponts, représentés par des photographies, construits en Europe et dans les autres parties du monde, en deux ponts pour chemins de fer sur le Rhin et, à titre de spécimens, en deux ponts exécutés l'un pour Sumatra, l'autre pour le Brésil.

Ponts pour chemins de fer sur le Rhin, à Worms (1898-1900). — Ces ponts, au nombre de 2, sont identiques l'un à l'autre. Chacun d'eux comprend 3 trois grandes travées partant de la rive gauche, prolongées vers la rive droite par 17 petites travées. Les cordes des grandes travées sont de 116 m. 80 pour celle du milieu et de 102 m. 20 pour les 2 autres. Les ouvertures des petites travées, franchies par des poutres droites à grandes mailles, indépendantes l'une de l'autre, portant le tablier à leur partie supérieure, sont uniformément de 34 m. 50. Les grandes travées sont franchies, suivant le système appliqué aux ponts-routes de Worms et de Dusseldorf précédemment décrits (*Gutehoffnungshütte*), par des arcs à treillis en N, articulés aux

naissances, espacés de 9 mètres d'axe en axe, auquels est suspendu le tablier. Les tiges de suspension portent les pièces de pont du tablier, librement suspendu suivant le système Harkort. A ces pièces de pont sont suspendus par-dessous les tirants qui contiennent les poussées des arcs.

Piles et culées sont en maçonnerie. Les 2 piles du milieu des 3 grandes travées sont fondées à l'air comprimé, à 12 mètres au-dessous du niveau d'eau normal. Les autres supports sont fondés sur des massifs de béton coulés dans des enceintes en charpente.

Le poids du métal monte à 5,274 tonnes.

Pont pour chemin de fer sur le Soengei-Oelar, à Sumatra (1890). — Ce pont consiste en 2 fermes paraboliques articulées, de 61 m. 50 de portée, avec montants et diagonales en N. Les pièces de pont, complètement suspendues, sont fixées aux montants par 4 boulons de serrage et par 2 coins. Les longerons sont liés aux pièces de pont par des goussets et des boulons. Le pont, ainsi composé — suivant le système Harkort — d'un grand nombre de pièces facilement transportables et maniables, a été monté en quinze jours, sous la direction de 2 Européens, par 37 manœuvres indigènes.

Le poids du métal est de 135,7 tonnes.

Viaduc du Châ, à Saint-Paul, au Brésil (1890). — Le viaduc du Châ comprend, comme ouvrages métalliques, 1 travée de 16 m. 50, 4 travées de 33 mètres et 3 piles.

Chaque travée est franchie par 3 poutres droites articulées, à grandes mailles en N, avec montants alternativement comprimés et tendus. Le tablier, placé à la partie supérieure, fait saillie sur les poutres de rive; il porte une route; sa largeur est de 13 m. 60.

Le poids du métal est de 415,4 tonnes.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs en chef de la construction L. Seifert et L. Backhaus.

Holzmann et Cie, à Francfort-sur-le-Mein. — Cette très importante entreprise de construction de bâtiments et de travaux publics (exploitations de carrières, fabrication de briques et de tuiles, entreprises de fondations, de terrassements et d'ouvrages en maçonnerie), créée en 1856, a exécuté dans les dernières années pour 25 millions de travaux par an. L'une des spécialités de la maison Holzmann et Cie, sont les travaux à l'air comprimé. Depuis 1889, elle a opéré 18 fondations pneumatiques de grands ouvrages, dont 7 avec caissons métalliques, 4 avec caissons en maçonnerie et 7 avec caissons en charpente. La plus forte pression a été observée dans les fondations du nouveau pont-route de Strasbourg sur le Rhin; elle s'est élevée à 3 1/4 atmosphères. Laissant de côté le grand pont de Mayence sur le Rhin, exposé par MM. Holzmann et Cie, mais trop ancien de date (1881-1885) pour être produit utilement, nous rendrons compte de deux ouvrages très intéressants : le tunnel sous la Sprée, à Berlin, et

C. F. E.

la fondation de la cale sèche de Kiel, le premier récemment achevé et le second en cours d'exécution.

Tunnel sous la Sprée, à Berlin. — Le tunnel, destiné au passage d'un tramway, franchit la Sprée normalement et se raccorde par des courbes avec les rampes d'accès. La longueur totale est de 615 mètres; la longueur du tunnel est de 454 mètres. Les déclivités varient entre 1/17 et 1/24. Le dessous du tunnel est à 12 mètres en contre-bas du niveau moyen de la rivière, il reste une épaisseur de terrain d'au moins 3 mètres entre le dessus du tunnel et le fond de la Sprée. Le sol traversé consiste en boue et sable fin fortement imprégnés d'eau.

Le tunnel est formé par une gaine cylindrique en acier fondu, de 4 mètres de diamètre, construite par anneaux, et revêtue de mortier de ciment, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, en vue de sa conservation. La couche de ciment extérieure mesure 0 m. 08 d'épaisseur, et la couche intérieure 0 m. 12. Le diamètre intérieur est ainsi de 3 m. 75. Le fond du tube est occupé par un radier en béton, portant les rails du tramway : on y a ménagé une rigole pour rassembler et épuiser les eaux d'infiltration. Les anneaux du cuvelage, mesurant 0 m. 65 et 0 m. 50 de largeur, sont formés chacun de 9 plaques munies, sur les quatre côtés, de nervures saillantes à l'intérieur, qui permettent de les boulonner ensemble. Entre ces anneaux, on intercale, pendant le montage, des cercles plats en acier, saillants au dehors, qui augmentent la rigidité du tube métallique.

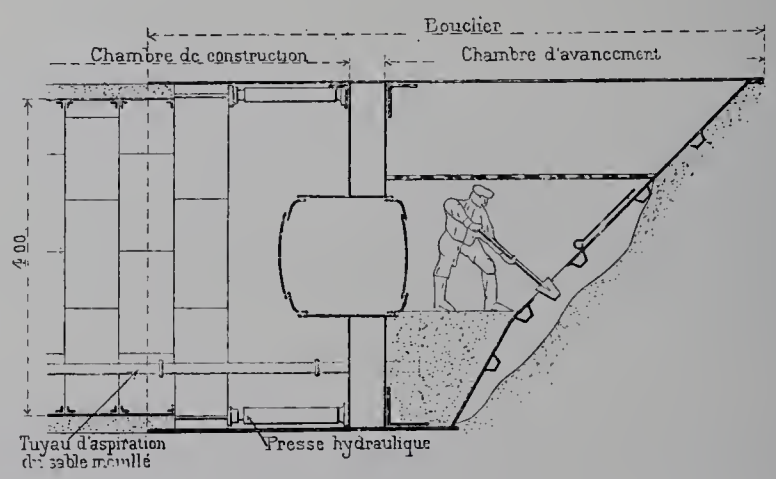


Fig. 114. — Tunnel sous la Sprée, à Berlin. Bouclier et chambre d'avancement.

Les travaux de construction et d'avancement s'exécutent à l'air comprimé. A l'avant est disposé un bouclier composé d'une double cloison transversale, enveloppée par une gaine cylindrique. Celle-ci, coupée droit à 2 m. 50 en arrière de la cloison, est taillée obliquement, sous un angle de 45 degrés, dans la partie antérieure, de manière à former, en avant du masque, une chambre de travail protégée par un toit. C'est dans cette chambre d'avancement que s'exécute le déblai. Elle est close, dans sa section oblique, par un bordage en métal, muni de trappes à charnières horizontales, que les ouvriers peuvent ouvrir ou fermer à volonté. Ils les ouvrent plus ou moins pour exé-

cuter le déblai, qu'ils rejettent au fond de la chambre, d'où il est enlevé soit par le sas logé dans le masque, soit par une pompe à sable dont le tuyau traverse ce masque à son pied. Le bordage oblique est plein dans son tiers supérieur, de manière qu'il reste toujours, en haut de la chambre d'avancement, un espace rempli d'air où puissent se réfugier les ouvriers en cas d'envahissement, par l'eau ou par le sable, du restant de la chambre. C'est pour parer au même accident que la chambre d'air frontale est séparée par une cloison étanche de la chambre d'air postérieure, située en arrière du bouclier, dans laquelle s'exécute la construction de la gaine du tunnel, dont il nous reste à parler.

Cette chambre d'air postérieure ou chambre de construction est comprise entre le masque à double cloison métallique du bouclier et un masque ou bouchon en maçonnerie, situé en arrière, et traversé par deux sas à air : un pour les hommes, l'autre pour les matériaux. On y monte les anneaux métalliques et on y exécute les revêtements en ciment. Le montage du dernier anneau se fait nécessairement à l'abri de la gaine du bouclier, qui a reçu, à cet effet, un diamètre de 4 m. 16, supérieur de 0 m. 16 à celui de la gaine du tunnel, laquelle, dès lors, peut y pénétrer et recevoir le recouvrement nécessaire. C'est dans l'intervalle de 0 m. 08, compris entre les deux gaines qu'on exécute le revêtement extérieur en mortier de ciment, en bourrant le mortier dans cet intervalle aussitôt après le montage de chaque anneau. On intercepte ainsi, par une tranche annulaire de mortier, toute communication entre la chambre de construction et les sables détrempés du terrain extérieur.

La propulsion du bouclier s'opère d'ailleurs, comme d'habitude, au moyen de presses hydrauliques, au nombre de 16, distribuées sur le pourtour de la section du tunnel; elles prennent appui sur le dernier anneau pour chasser le masque en avant. Quand le bouclier s'est avancé, on rentre les tiges des pistons dans leurs corps de pompe afin de se donner la place de monter un nouvel anneau.

La construction du tunnel, commencée en février 1896, fut terminée à la fin de février 1899. Après l'exécution de 160 mètres, le travail avait souffert une interruption d'une année. Ce tunnel, le premier construit en Allemagne à l'aide d'un bouclier, et, sans doute, le premier qu'on ait exécuté, sur toute sa longueur, dans du sable détrempé, s'est achevé, non sans tâtonnements, mais du moins sans accident. Un tunnel semblable, de 2,000 mètres de longueur, est en construction à Hambourg.

Fondation à l'air comprimé, à l'aide d'un caisson mobile, de la cale sèche de Kiel. — Ce bassin de radoub doit mesurer 175 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur, et 11 m. 25 de tirant d'eau en eaux moyennes. Il s'agit, pour le fonder, d'établir, à une profondeur de 16 m. 50, une plate-forme en béton d'environ 183 mètres de longueur sur 41 mètres de largeur et 4 m. 25 d'épaisseur. On emploie, à cet effet, un grand caisson en acier de 42 mètres de longueur, 14 mètres de largeur et 5 mètres de hauteur, dont 2 m. 50 pour la chambre de travail et 2 m. 50 pour la chambre d'équilibre. Ce caisson pèse 350 tonnes. Il fonctionne comme cloche à plongeur. On exécute

IMPRIMERIE NATIONALE

la fondation par couches de béton superposées de 0 m. 50 à 0 m. 80 d'épaisseur, constituées chacune par une série de bandes transversales, que l'on forme en déplaçant successivement le caisson, d'une extrémité à l'autre de la fouille. Entre ces bandes, il reste des rigoles, dont les emplacements correspondent aux positions occupées par les pieds des parois longitudinales du caisson. On les comble, en même temps qu'on exécute la couche supérieure; il suffit, à cet effet, de faire chevaucher, d'une couche à l'autre, les positions du caisson.

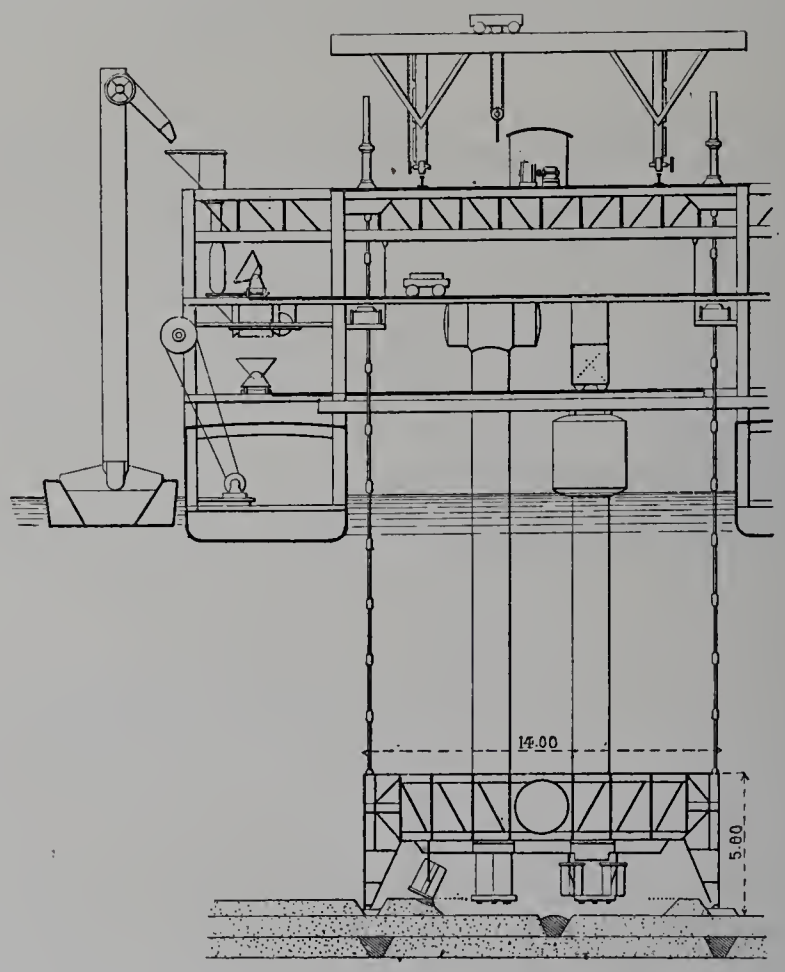


Fig. 115. — Caisson mobile pour la construction de la cale sèche de Kiel.

Celui-ci est suspendu par des chaînes et des vérins, au nombre de 20, à un robuste bâti métallique, à triple pont de service, soutenu par deux bateaux en acier, pesant ensemble 320 tonnes, mesurant 52 mètres de longueur, 6 m. 10 de largeur, et 4 m. 50 de hauteur. Une grue à portique circule sur le pont de service supérieur. Le béton, fabriqué sur place, tombe dans des bennes, qu'on amène, par des suspensions à roulement, aux points où elles doivent être vidées. Tout le système est solidement amarré dans chaque position occupée par le caisson. Il faut 4 heures pour passer d'une position à la suivante.

Le gros œuvre des murs d'enceinte de la forme de radoub s'exécutera en béton par le même procédé jusqu'à 3 mètres au-dessous du niveau moyen. On construira le surplus avec un autre caisson, comme à Marseille.

Les travaux à l'air comprimé, commencés en février 1900, doivent durer 3 ans pour deux cales sèches.

Les sas à air pour le passage des hommes sont munis d'appareils automatiques, modérant l'entrée et la sortie de l'air sous pression. La durée du sassement est réglée à 10 minutes par atmosphère, pour l'entrée, et à 20 minutes, pour la sortie.

Collaborateurs principaux : MM. Sonntag, ingénieur en chef de la Cie, et A. Haag, ingénieur en chef des travaux des formes de radoub de Kiel.

Fabrique de machines d'Esslingen, à Esslingen. — Cette grande maison de construction, fondée en 1846, fabrique surtout des machines locomotives (3,160 depuis l'origine), machines marines, chaudières, pompes, matériel électrique, wagons, etc. Elle a aussi un atelier de ponts et de constructions métalliques. Elle occupe 2,700 ouvriers dans ses divers établissements (dont un à Sarronno, en Italie).

L'usine d'Esslingen a obtenu, en 1894, sur 76 concurrents, le premier prix pour la construction d'un pont-route sur le Danube, à Buda-Pesth, mais on ne lui a pas donné l'exécution de ce projet (un pont suspendu de 285 mètres d'ouverture), dont elle expose néanmoins les dessins. Elle expose, en outre, les deux ouvrages suivants :

Pont-route sur l'Argen, à Langenargen, auprès du lac de Constance (1897-1898). — C'est un pont suspendu de 72 mètres d'ouverture, de même système que le projet primé à Buda-Pesth. Les câbles en acier reposent sur les pylônes au moyen de chariots à rouleaux. Le tablier et les poutres à treillis, formant garde-corps, sont suspendus aux câbles au moyen de tiges dont la longueur peut être réglée. Le pont se trouve ainsi raidi verticalement et horizontalement.

La largeur libre entre les garde-corps est de 6 m. 20.

Le poids du métal est de 137 tonnes.

Pont pour chemin de fer, sur l'Argen (1898). — Travée unique de 74 m. 20 d'ouverture, franchie par des poutres à treillis, portant le tablier à leur partie inférieure. Les pièces de pont sont articulées avec les poutres de tête, de telle sorte que l'ensemble du tablier repose librement sur ces poutres, avec avantage pour la charpente du pont, dans laquelle sont diminués les efforts dus aux inégalités de température et au passage des charges roulantes.

Collaborateurs principaux : MM. Kübler, ingénieur en chef de l'usine, et Braun, ingénieur en chef du royaume de Wurtemberg.

Pohlig, à Cologne. — **Chemins de fer aériens.** — M. Pohlig s'est appliqué, à partir de 1881, à la construction des chemins de fer aériens du système Otto, qu'il a perfectionnés et grandement développés. Les chemins de fer aériens d'il y a trente ans ne transportaient, à de courtes distances, que des charges de 300 kilogrammes, et leur rendement ne dépassait pas 20 tonnes par heure. On transporte aujourd'hui, à de grandes distances, des charges de 1,000 kilogrammes, avec un rendement de 120 tonnes par

heure. M. Pohlig a construit plus de mille chemins de fer aériens dans toutes les parties du monde. Ces chemins de fer sont à deux câbles porteurs parallèles, l'un pour l'aller des wagonnets, l'autre pour leur retour. Les câbles porteurs sont fortement tendus en ligne droite, entre des stations extrêmes ou intermédiaires, distantes l'une de l'autre de tout au plus 5 à 6 kilomètres. Ils sont supportés par des poteaux en bois ou en fer, espacés couramment de 30 à 60 mètres, mais dont la distance peut dépasser 800 mètres dans la traversée de vallées profondes. Chaque poteau porte à son sommet une traverse horizontale, à chaque extrémité de laquelle est fixé un sabot en fonte, creusé en demi-cylindre pour recevoir le câble. Sur ce câble circule le chariot du wagonnet, formé de deux poulies maintenues entre deux plaques d'acier. Un bâti en tiges d'acier s'y accroche par côté, de manière à pouvoir franchir les supports. Ce bâti, qui pend sous le chariot, porte d'abord une poulie à axe horizontal, autour de laquelle s'enroule le câble tracteur, entraîné, à son extrémité, par un moteur quelconque, hydraulique, à vapeur ou électrique; puis, au-dessous de la poulie, l'appareil de soutien de la charge, plateau, caisse, chaînes, câbles, etc.

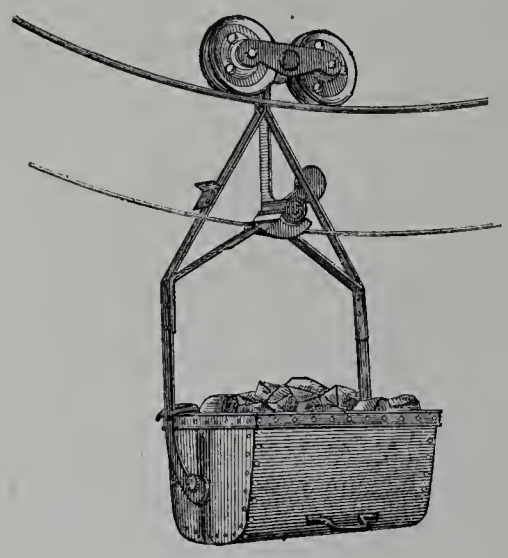


Fig. 116.
Wagonnet de chemin de fer aérien.

La tension des câbles porteurs est produite par l'action d'un contrepoids, de manière à rester constante.

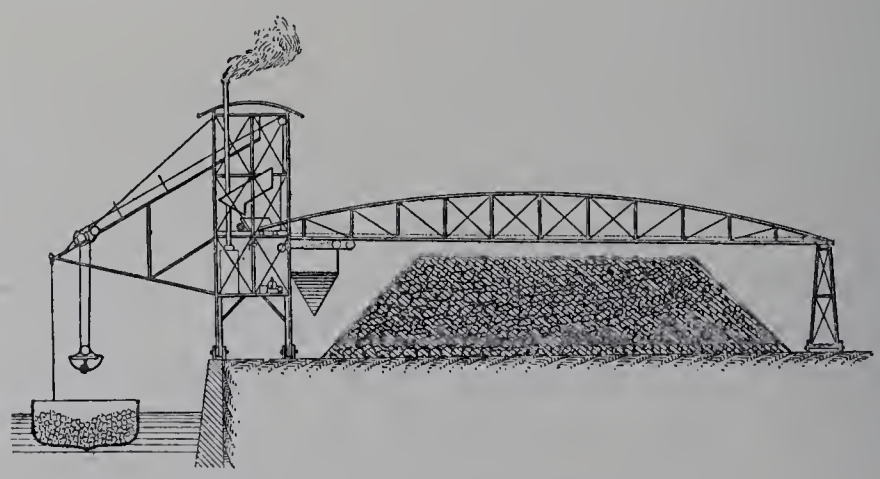


Fig. 117. — Déchargeur du système Hunt.

Appareils de déchargement. — A l'industrie de la construction des chemins de fer aériens, M. Pohlig a joint l'industrie connexe de la fabrication des appareils de chargement et de transbordement, en devenant acquéreur, en 1894, des brevets relatifs aux appareils américains du système Hunt. Il a exposé le modèle d'un de ces appareils:

un élévateur de houille. La houille, prise dans des caisses formées par deux quarts de cylindres s'ouvrant par le bas, est montée par une grue au-dessus d'une trémie, qui la distribue dans des wagonnets circulant sur un plan incliné, d'où elle tombe au point voulu, sur le sol ou dans un véhicule. L'ensemble du système, dont la longueur peut atteindre 150 mètres, se déplace transversalement sur des rails.

La Société *l'Union*, à Dortmund (Westphalie). — Cette société de construction s'est formée en 1872, par la fusion de quatre autres sociétés. Sa fabrication en ouvrages métalliques de toute sorte atteint 15,000 tonnes par an. Elle expose des ponts et des halles métalliques.

Pont-route sur l'Elbe à Magdebourg. — Cet ouvrage entrepris en commun, en 1900, par l'Union et par Holzmann et Cie, doit être terminé en 1901. Il se compose d'une travée métallique centrale de 135 mètres de portée, et de deux arches de rive en maçonnerie, de 28 m. 50 d'ouverture. Les fermes métalliques, articulées aux naissances sont des arcs à treillis en N (à 18 compartiments de 7 m. 50), semblables aux fermes des ponts-routes de Bonn et de Dusseldorf. Les tiges de suspension des pièces de pont sont articulées avec l'arc sous les barres verticales du treillis. Poids du métal : 950 tonnes.

Halle des voyageurs de la gare principale de Cologne (1892-1893). — Cette halle, longue de 255 mètres, et large de 92 mètres, est partagée en trois nefs, mesurant : celle du milieu 63 m. 20 de largeur et 24 mètres d'élévation, et les deux autres 13 m. 40 de largeur. Les fermes de la grande nef, espacées de 8 m. 50, sont des arcs à treillis croisillonné, en forme d'ogive aplatie, de 0 m. 80 de hauteur, articulés aux naissances. Le poids du métal, y compris la tôle de la couverture, monte à 3,200 tonnes, soit à 145 kilogrammes par mètre carré de surface couverte.

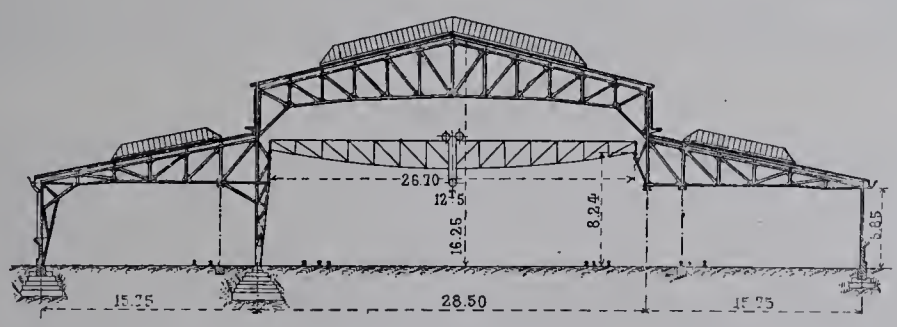


Fig. 118. — Nouvel atelier de construction de ponts de l'Union, à Dortmund.

Nouvel atelier de construction de ponts de l'Union, à Dortmund (1898-1899). — L'espace couvert mesure 276 mètres de longueur sur 60 mètres de largeur. Il est partagé en trois nefs; celle du milieu mesure 28 m. 50 de largeur et 16 m. 25 de hauteur. Les fermes, espacées de 4 mètres, reposent, de trois en trois, sur des piliers. La poutre, qui porte les fermes intermédiaires, soutient aussi le chemin de roulement

d'un chariot de levage et de manutention occupant toute la largeur de la grande nef. Les fermes sont à treillis en N. Le poids du métal monte à 1,500 tonnes, soit à 90 kilogrammes par mètre carré.

Mentionnons encore brièvement les ouvrages suivants :

Pont-route sur le canal de Dortmund à l'Ems, à Munster (1896), de 34 m. 72 d'ouverture, avec deux fermes en arc, articulées aux naissances, espacées de 7 m. 95. portant le tablier à leur partie supérieure. Poids du métal : 170 tonnes.

Pont pour chemin de fer, sur le Serajoe, à Poerworedjo, à Java (1897), composé de deux travées de 40 mètres, franchies par des poutres droites à treillis, avec tablier supérieur. Le pont a été mis en place par lançage. Poids du métal : 140 tonnes.

Pont-route de Molin-Schwarzenbeck, sur le canal de l'Elbe à la Trave (1897), à trois travées, de 32 m. 25 au milieu et de 13 m. 70 par côtés, semblable en petit, dans sa forme et dans sa structure, au viaduc du Viaur (*France, Ministère des Travaux publics*). Poids du métal : 153 tonnes.

Collaborateur principal : M. Bosse, ingénieur en chef de l'usine.

Sociétés de construction réunies d'Augsbourg et de Nuremberg. — L'origine remonte à 1837. L'entreprise, d'abord très modeste, a pris un développement des plus considérables. Elle fabrique toute espèce de machines et de constructions métalliques. Elle a construit et continue à construire une bonne part des grands ponts jetés sur les fleuves de l'Allemagne. La seule usine pour la construction des ponts et des ouvrages en tôle de structure analogue, a livré en moyenne, de 1894 à 1899, 13,000 tonnes de métal par an.

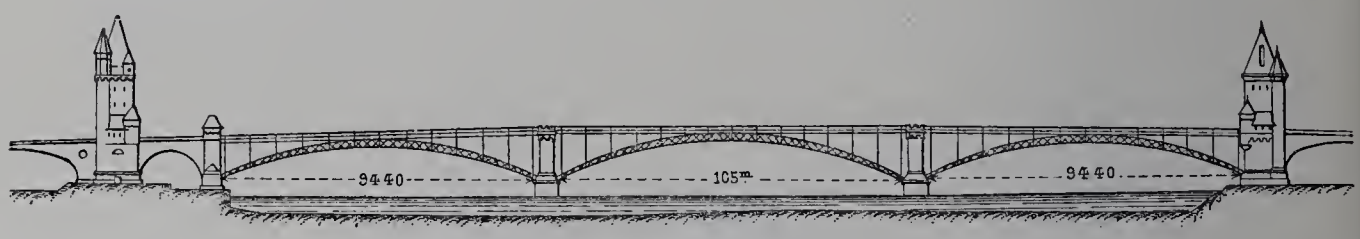


Fig. 119. — Pont-route, sur le Rhin, à Worms.

Pont-route sur le Rhin, près Worms (1897-1900). — Trois grandes travées, une centrale de 105 m. 60 et deux latérales de 94 m. 40, sont franchies chacune par deux arcs métalliques en croissant, avec croisillons, espacés de 7 m. 50 d'axe en axe et articulés aux naissances. Le tablier, placé au-dessus des arcs, est soutenu par des montants à attaches flexibles; il n'est lié aux arcs qu'à la clef. Le pont se prolonge sur chaque rive par des viaducs en maçonnerie avec voûtes en béton, de 35 à 21 mètres d'ouverture, articulées aux naissances et à la clef par des feuilles de plomb. Il y a neuf de ces voûtes sur la rive droite et trois sur la rive gauche, plus une arche de rive en plein cintre de 18 mètres d'ouverture. Sur les culées s'élèvent de hautes tours percées de portes, traitées dans le style du moyen âge.

Le poids du métal monte à 1,800 tonnes.

Chemin de fer aérien de Barmen-Elberfeld-Wohwinkel (1897-1902), établi dans une région très populeuse — système Eug. Langen. — La longueur totale de 13,3 kilomètres est partagée en travées de 24, 27, 30 ou 33 mètres, suivant les

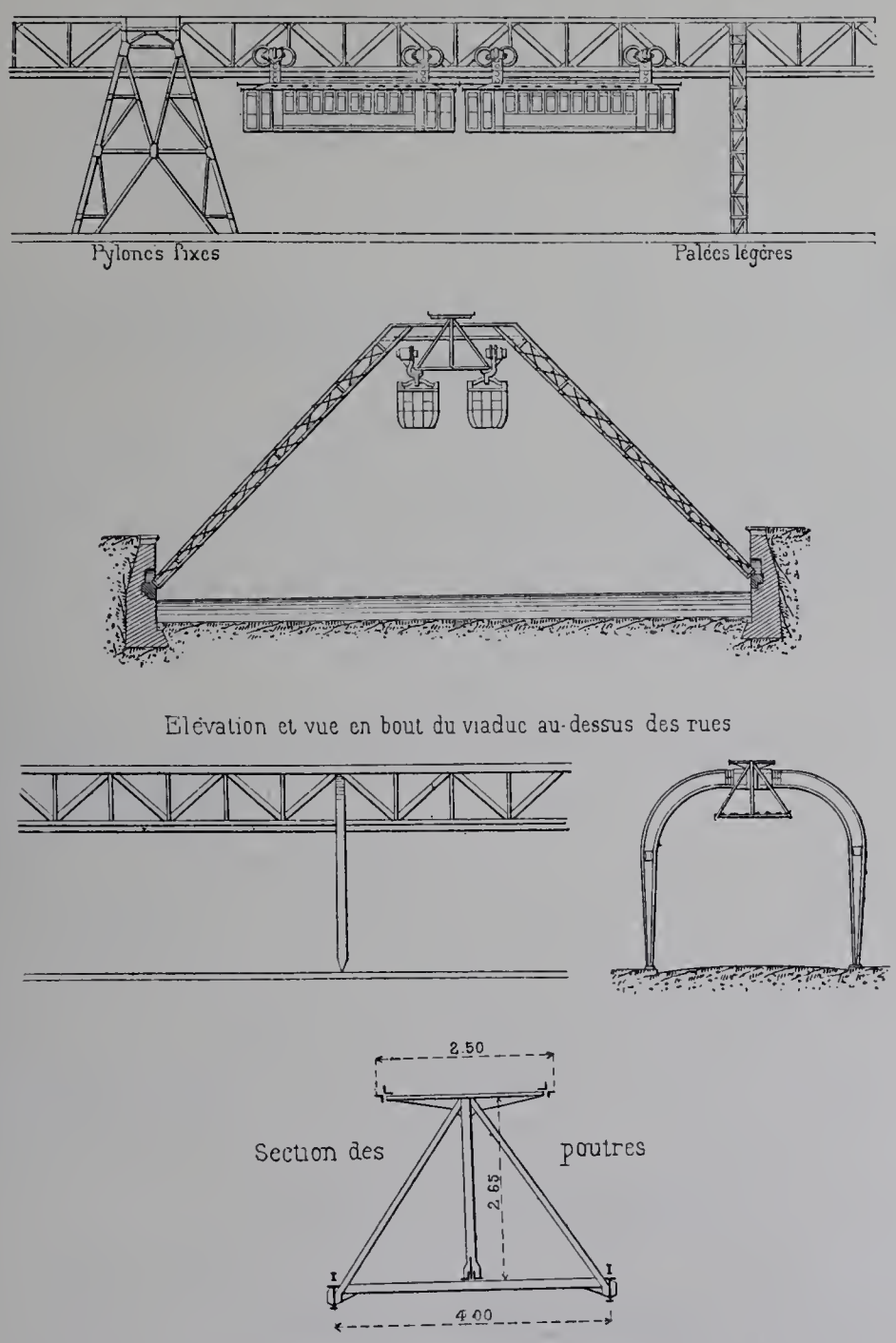


Fig 120. — Élévation et vue en bout du viaduc, au-dessus de la Wupper.

courbures du tracé. Le plus petit rayon est de 90 mètres et la plus forte pente de 0,045. La force motrice est électrique. Les piles, en forme de portique, articulées à leurs pieds, sont oscillantes. Tous les 200 mètres environ, un pylône fixe, tenant la place d'une pile courante, résiste aux efforts longitudinaux. Les montants des piles

sont verticaux dans les voies publiques, sur 3,3 kilomètres, et fortement inclinés en dehors dans le reste du parcours (10 kilomètres) au-dessus de la Wupper, de manière à prendre appui sur les deux rives du cours d'eau. Les poutres longitudinales, d'un système spécial breveté, sont fixées aux traverses hautes des piles. Ce sont des poutres à double T, de 2 m. 65 de hauteur. L'âme est en treillis à grandes mailles. Les semelles, hautes et basses, de 2 m. 50 et de 4 mètres de largeur, sont solidement étrésillonnées par des croix de Saint-André, afin de résister aux efforts de torsion produits par la suspension excentrique des véhicules, aux extrêmes bords de la semelle basse. Ces bords sont d'ailleurs soutenus par des tirants obliques, fixés, d'autre part, au sommet de l'âme, sous la semelle haute.

La voie se compose d'un rail appuyé sur un fer double T. Le véhicule y est suspendu par deux chariots pivotants, espacés de 8 mètres, qui comprennent chacun deux roues ayant leurs jantes creusées en gorge de poulie, pour embrasser la tête du rail. Le châssis du chariot se prolonge vers le bas par une forte tige coudée à laquelle est accroché le véhicule. Le courant est pris sur un rail de contact au moyen d'un sabot de glissement. Les voitures sont toutes automotrices. On dispose de 4 freinages pour les arrêter. Elles peuvent contenir 50 personnes, dont 30 assises. Dans les courbes, véhicules et voyageurs prennent naturellement l'inclinaison commandée par la force centrifuge.

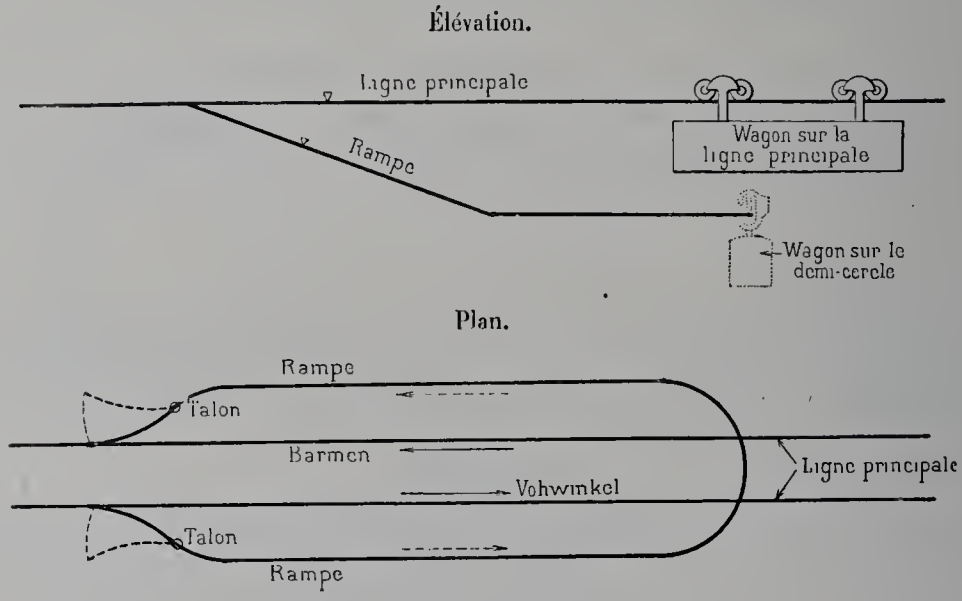


Fig. 121. — Changement de voie.

Grâce à la libre suspension des véhicules sur une voie monorail, obtenue par l'emploi du système Langen, on peut faire usage de longues voitures, suspendues à un viaduc de construction légère, aptes à traverser facilement, sûrement et doucement les courbes du plus faible rayon.

Les stations sont au nombre de 20, espacées en moyenne d'environ 700 mètres. Une disposition intéressante est celle des changements de voies, représentée par la figure 121. Pour passer d'une voie à l'autre, la voiture se déplace, au moyen d'une

aiguille dont le talon est fixé au bâti métallique, de la voie principale sur une voie latérale en pente; elle traverse en dessous la ligne principale par une courbe de 8 mètres de rayon et arrive par une rampe à la voie située de l'autre côté. La ligne se termine à chaque extrémité par une boucle ainsi disposée.

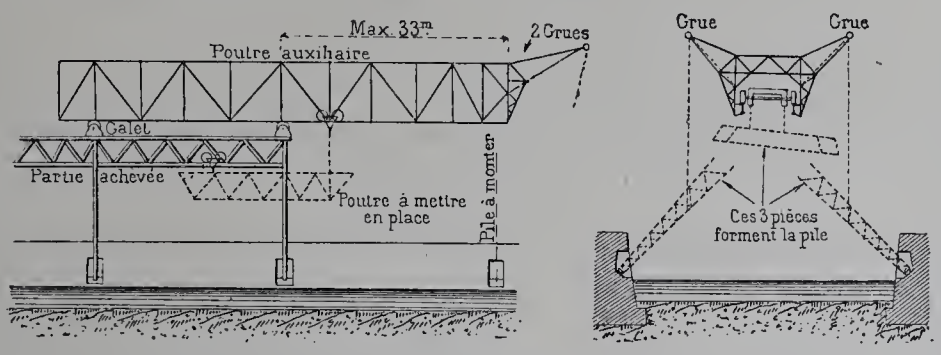


Fig. 122. — Système de montage.

Signalons encore le système de montage du bâti métallique au-dessus de la rivière. On emploie une poutre auxiliaire de 66 mètres de longueur qui roule au-dessus de la partie achevée et peut s'avancer en porte-à-faux jusqu'à 33 mètres. Dans cette position représentée par le croquis ci-contre, les trois pièces, linteau et jambages inclinés, de la pile à monter, sont mis en place à l'aide de grues tournant autour du montant extrême de la poutre auxiliaire. Aussitôt le rivetage opéré (sur des échafauds volants), la poutre auxiliaire prend appui sur la pile nouvellement montée et la poutre longitudinale, devant rattacher cette pile à la précédente, est amenée et mise en place à l'aide de treuils roulants.

L'exploitation régulière a commencé en octobre 1900. Grâce à un block-système automatique, on peut lancer les trains à deux minutes d'intervalle, ce qui, moyennant une vitesse de 50 kilomètres à l'heure et 4 voitures par train, représente une puissance de transport de 6,000 personnes par heure. Les frais d'établissement sont moindres que ceux d'aucun autre système. La ligne devant coûter de 13 à 15 millions de francs, la dépense kilométrique sera moitié moindre que celle du chemin de fer aérien de Berlin et plus faible, dans une bien plus forte proportion, que celle des voies suburbaines de Londres.

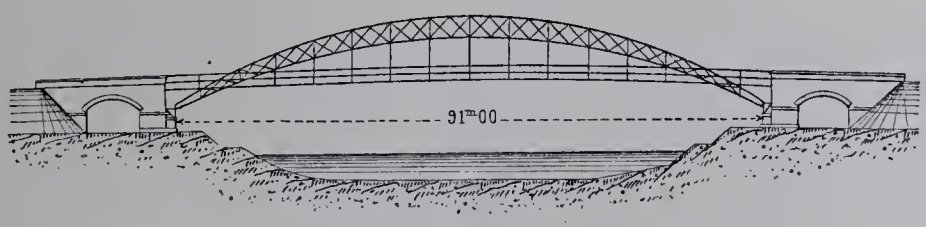


Fig. 123. — Pont-route sur le Danube, à Straubing.

Pont-route sur le Danube, à Straubing (1895-1896). — Travée unique de 91 mètres d'ouverture, franchie par deux fermes en arc, articulées aux naissances, espacées de 8 mètres d'axe en axe. Les arcs, en croissant, avec croisillons, sont traversés par le tablier vers le milieu de leur hauteur. Le poids du métal monte à 370 tonnes.

Pont-route sur le bras sud de l'Elbe, à Harburg (1897-1899). — Quatre travées en arc de 101 mètres de portée et 6 travées de décharge à poutres droites et tablier supérieur de 31 m. 15 d'ouverture. Les arcs des grandes fermes, espacés de 8 m. 30 d'axe en axe, sont croisillonnés en N, à 16 compartiments, et articulés aux naissances. Ils sont pourvus de tirants qui contiennent la poussée et portent le tablier à leur partie inférieure au moyen de tiges descendantes auxquelles sont suspendues les pièces de pont. Les fermes consécutives, retombant sur la même pile, ont un même plateau d'appui, en sorte que les piles, soumises ainsi à une charge centrale, ont pu être très amincies. Le poids total du métal monte à 2,600 tonnes.

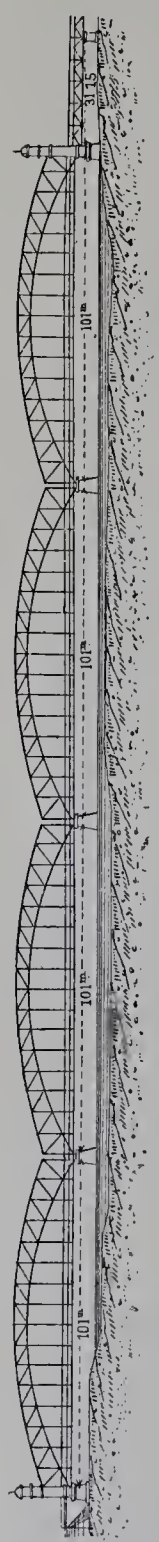


Fig. 124. — Pont sur le bras sud de l'Elbe, à Harburg.

Pont-tournant sur le Reiherstieg, près Hambourg (1898-1899). — Poutres à treillis avec voie inférieure démasquant deux ouvertures, l'une de 50 m. 80, l'autre de 24 m. 20. La force motrice est fournie par un moteur à benzine. Le poids du métal, mécanisme compris, monte à 360 tonnes.

Pont pour chemin de fer à une voie, sur le Weser, à Minden (1897-1898). — Une travée fluviable de 67 mètres, 14 travées de décharge de 20 mètres, à poutres droites et voie supérieure. Les fermes de la grande travée sont des arcs en croissants avec tirants et tablier inférieur. Le poids du métal monte à 460 tonnes.

Viaduc Empereur-Guillaume, près Müngsten (1895-1897), mis au concours, à la fin de 1891, entre quatre des principales maisons de construction allemandes.

La Société de construction Augsbourg-Nuremberg obtint le travail, moyennant le prix forfaitaire de 3,055,000 francs, comprenant tous les ouvrages. Le viaduc, à double voie, traverse la vallée de la Wupper, entre Remscheid et Solingen. La longueur totale de la partie métallique est de 465 mètres, la largeur entre les garde-corps est de 8 m. 50. Le dessus des rails s'élève à 107 mètres au-dessus du fond de la vallée. L'ouvrage se compose d'une arche de 160 mètres d'ouverture, continuée du côté de Remscheid par deux travées de 45 mètres et une travée de 30 mètres, et, du côté de Solingen, par une travée de 45 mètres et deux travées de 30 mètres. Les piles métalliques, séparant l'une de l'autre les différentes travées, et portant, avec le concours de l'arche centrale, les poutres droites à treillis en N, de 6 mètres de hauteur, qui soutiennent le tablier à leur partie haute, ont 15 mètres de largeur.

Les arcs, à courbure parabolique, de la travée centrale, sont inclinés l'un vers

l'autre avec un fruit de 1/7 sur la verticale; ils n'ont pas d'articulations. La distance entre les deux arcs est de 27 m. 70 aux naissances et de 5 mètres à la clef. Cet espace est occupé par un treillis en N. La flèche moyenne est de 66 mètres.

Un contreventement, formé de traverses horizontales et de croix de Saint-André, règne, d'un arc à l'autre, sur le pourtour de l'intrados et sur la hauteur des barres verticales du treillis en N. Les piles sont constituées par quatre montants angulaires, inclinés seulement dans le sens transversal, reliés entre eux par plusieurs cours de traverses horizontales, formant des étages de 11 m. 50 à 9 mètres d'élévation, et par de grandes croix de Saint-André, embrassant en hauteur deux de ces étages.

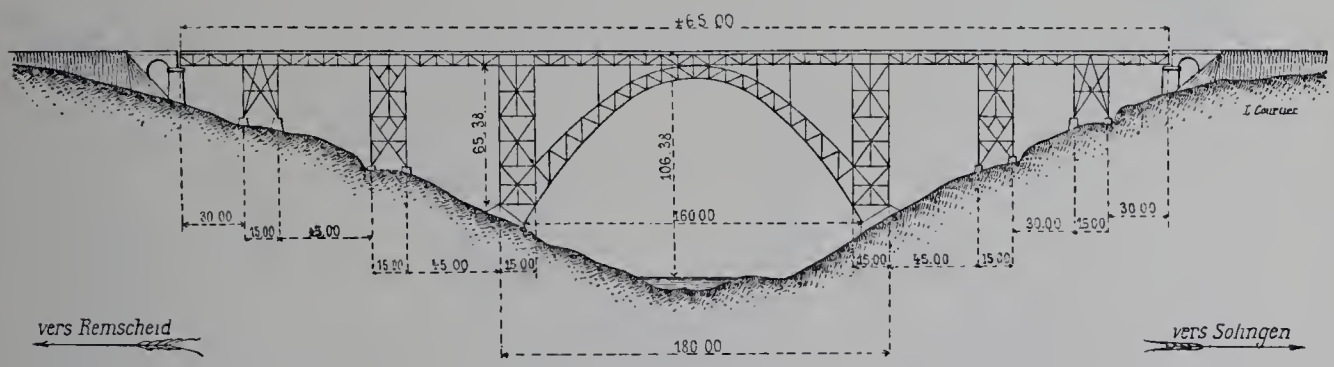


Fig. 125. — Viaduc de Müngsten.

Les efforts longitudinaux dus au freinage des roues des véhicules trouvent résistance en trois points : à la clef de l'arc et aux piles métalliques extrêmes. Tous les autres appuis des poutres droites supérieures sont à dilatation. On a usé d'assemblages flexibles partout où des assemblages rigides auraient pu augmenter le travail du métal.

Le montage des travées latérales s'est fait à l'aide de poutres auxiliaires. Celui des arcs s'est opéré en porte-à-faux, les travées latérales étant retenues par des câbles provisoires. Des précautions particulières ont été prises lors de l'assemblage de la dernière membrure de l'extrados, afin d'assurer la juste répartition des efforts.

Le volume des déblais de terre et de rocher s'est élevé à 21,000 mètres cubes, et celui des maçonneries à 10,872 mètres cubes. Le poids total du métal monte à 5,100 tonnes.

Collaborateurs principaux : MM. Rieppel, directeur des usines réunies; Castanjen, ingénieur en chef des études; Herrmann, Bohny, Freytag, ingénieurs en chef des ateliers; Möbus, ingénieur en chef du montage; Rohlfs, ingénieur en chef chargé des épreuves du pont de Müngsten.

Intze, à Aix-la-Chapelle. — M. Intze, professeur au Politechnicum d'Aix-la-Chapelle, s'occupe particulièrement des questions d'hydraulique relatives à l'utilisation des eaux et à la protection des vallées basses contre les crues. Il expose des dessins d'ouvrages exécutés ou de projets, se rapportant à la construction de barrages, à l'établissement de distributions d'eau, de réservoirs et de châteaux d'eau du système Intze, à

l'installation d'usines hydrauliques ou hydro-électriques. Des plans et des graphiques font paraître aux yeux les résultats des études préliminaires, géologiques, udométriques et hydrométriques. M. Intze expose, en outre, des réservoirs à gaz de son système et des ateliers qu'il a construits à l'usine Krupp, à Essen, et à l'usine Blum et Voss, à Hambourg. Nous choisirons, pour en rendre compte, les travaux du barrage d'Urfthal, dans l'Eifel, dont l'exécution est commencée, et le projet de protection contre les crues du Bober et de la Queiss, dans la Silésie supérieure, dont la dépense est autorisée.

Barrage d'Urfthal-sous-Gemünd, dans l'Eifel, et création de force à Heimbach-sur-Ruhr. — Ce barrage, situé sur l'Urft, affluent de la Ruhr, a pour objet de régulariser l'écoulement des eaux et de fournir de la force motrice.

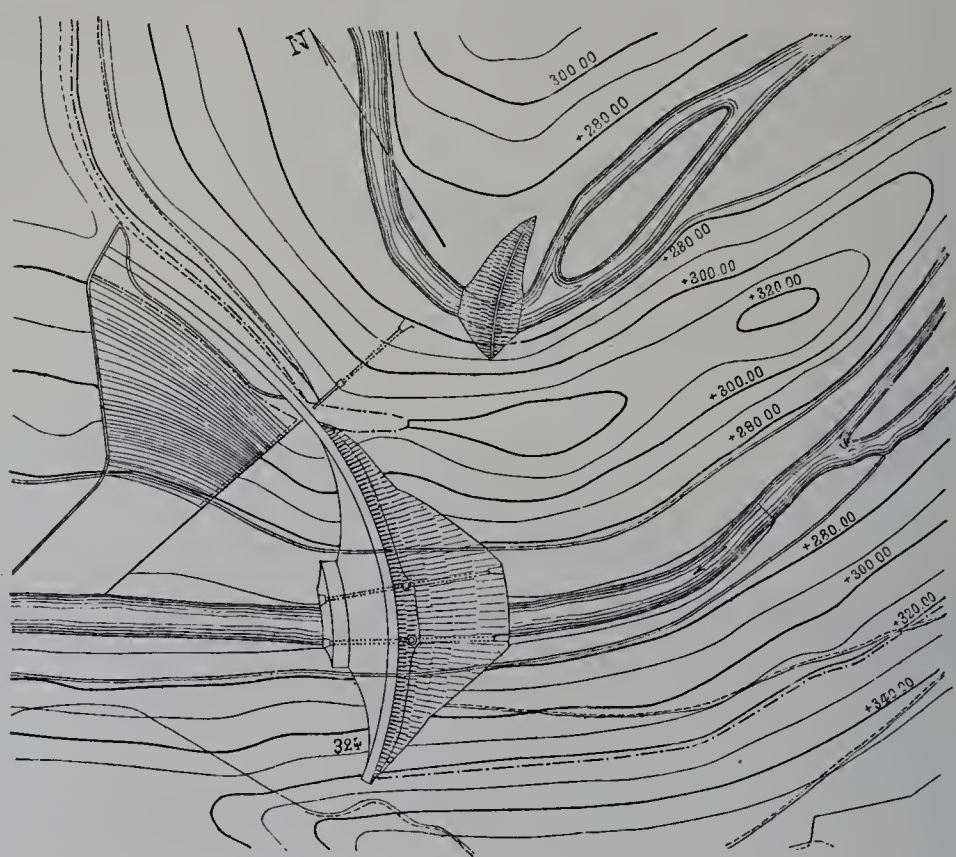


Fig. 126. — Plan du barrage d'Urfthal.

La digue en maçonnerie, courbe en plan, bâtie sur le rocher, mesure 240 mètres de longueur, 58 mètres d'élévation du dessous des fondations à la crête, et 55 mètres de largeur à la base. Le mur, concave à l'aval, est, à l'amont, couvert jusqu'à mi-hauteur par un remblai en terres et pierrailles. Il est muni, sur la face d'amont, d'une chemise en ciment et d'une chape en asphalte, protégées, dans la partie basse, par le remblai en terre, et, dans la partie supérieure, par un revêtement en maçonnerie. La digue est traversée, à son pied, par deux conduits avec bondes de fond, accessibles, depuis le sommet de l'ouvrage, par des cheminées en maçonnerie établies sur la face d'amont. A côté du barrage, est un déversoir de 150 mètres de longueur, qu'on a

formé très simplement en décapant et dressant la surface du contrefort auquel s'appuie la digue. L'eau s'écoule en cascade par une succession de gradins maçonnés de 1 m. 50 d'élévation. Sous le déversoir est un tunnel avec bonde de fond, creusé dès le commencement des travaux, pour détourner les eaux en vue de la construction du barrage.

Le réservoir, qui s'étend dans l'étroite et sinueuse vallée de l'Urft, jusqu'à 11 kilomètres en amont du barrage, a une capacité de 45 millions et demi de mètres cubes. Il est alimenté par un bassin qui fournit, année moyenne, 175 millions de mètres cubes. De ce réservoir, à quelque distance en amont du barrage et à 43 m. 50 au-dessous du niveau normal de la retenue, part un tunnel de prise d'eau, qui traverse la montagne séparant la vallée de l'Urft de celle de la Ruhr et aboutit, après un parcours d'environ 2,900 mètres, à la vallée de la Ruhr, au-dessus de Heimbach. Ce tunnel, revêtu en béton, mesure 6 mètres carrés de section, de manière à pouvoir débiter, avec une vitesse de 1 mètre, 6 mètres cubes à la seconde. A la tête d'aval, où la pente se précipite, l'eau est renfermée, sur 200 mètres de longueur, dans deux conduits maçonnés, puis métalliques, de 1 m. 50 de diamètre. La hauteur de chute, comprise entre 74 et 107 mètres, est en moyenne de 96 m. 50. La force motrice, évaluée en chevaux-vapeur, sera de 5,900 chevaux pendant neuf mois, de 8,000 chevaux pendant trois mois, et, en moyenne, de 6,400 chevaux.

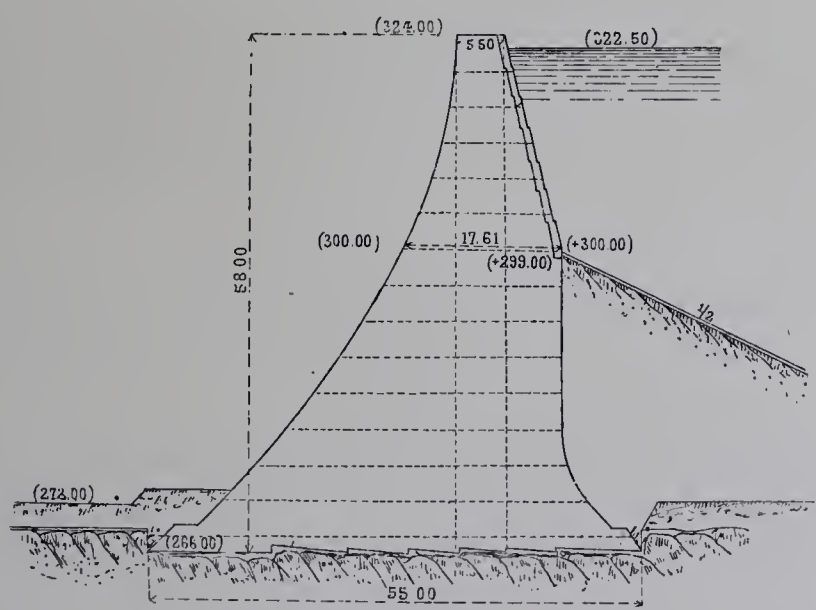


Fig. 127. — Coupe du barrage d'Urfthal.

Les travaux, commencés en 1900, doivent se terminer en 1903. La dépense totale est estimée à 6,250,000 francs.

Protection des terrains bas, contre les crues du Bober et de la Queiss, dans la Silésie supérieure. — Les bassins du Bober et de la Queiss, mesurant 5,938 kilomètres carrés de superficie, ont subi en quelques jours, par le fait des crues du mois de juillet 1897, pour plus de 12 millions de francs de dommages. Pour éviter le retour

de pareilles calamités, on vient de décider la régularisation des cours d'eau et la construction de barrages, qui modéreront, lors des crues, les débits de ces cours d'eau; en même temps, les chutes produiront de la force motrice. Il y aura trois réservoirs, deux sur le Bober et un sur la Queiss, contenant, les premiers 12 et 50 millions de mètres cubes, et le troisième 15 millions, soit, en tout, 77 millions de mètres cubes. On compte abaisser le débit maximum du Bober, de 2,000 à 400 mètres cubes. Les barrages seront en maçonneries. Leurs murs, calculés en ayant égard aux sous-pressions, seront munis sur les deux faces de revêtements maçonnés, évidés par des puits de descente, qui les protégeront contre les effets, soit des variations brusques de température, soit de l'action immédiate de l'eau.

Collaborateurs principaux : M. l'ingénieur en chef, professeur N. Holz (étude des réservoirs de Silésie); MM. les ingénieurs Sax, Baschmann et Linke.

AUTRICHE.

L'Autriche a développé rapidement son réseau de voies ferrées, qui comprenait déjà au 31 décembre 1889, 18,079 kilomètres. Dix ans plus tard, le 31 décembre 1899, la longueur exploitée montait à 18,547 kilomètres, avec un accroissement de 468 kilomètres. Comme dans la plupart des autres États européens, l'activité du pays s'est portée principalement, pendant cette dernière période, vers les travaux hydrauliques. La longueur des voies navigables qui, jusqu'ici, sont toutes des voies fluviales, est de 6,700 kilomètres, dont 3,862 kilomètres flottables et 2,838 kilomètres navigables par bateaux. De grands ouvrages de défense contre les crues et d'importants travaux, ayant pour objet d'améliorer la navigation, ont été exécutés sur le Danube et sur l'Elbe. 171 millions de francs ont été dépensés pendant les cinquante dernières années pour régulariser le Danube, tant aux environs de Vienne que dans la Haute-Autriche. Un projet grandiose est à l'étude pour réunir, par un canal, le fleuve central de l'Allemagne, l'Elbe, à la puissante artère fluviale de l'Autriche-Hongrie, le Danube. Canaux et rivières améliorées ou canalisées sont, comme en Allemagne, aménagés pour recevoir de grands bateaux.

Un important service d'observations pluviométriques et de jaugeages de cours d'eau, centralisé à Vienne et doté des appareils les plus perfectionnés, a été institué pour fournir des bases certaines aux études hydrographiques, relatives aux divers emplois des eaux.

COMMISSION POUR LA RÉGULARISATION DU DANUBE, À VIENNE.

Le Danube coule, aux environs de Vienne, dans un terrain d'alluvion où ses eaux se dispersaient en un grand nombre de bras et où son thalweg se déplaçait sans cesse. Les crues s'y étalaient sur un espace très étendu et créaient pour la capitale, surtout au moment des débâcles de glaces, de sérieux dangers. On a remédié à ces inconvénients par un grand travail de régularisation, entrepris à partir de 1868 et terminé aujourd'hui. Un nouveau lit a été, près de Vienne, ouvert au fleuve, entre des digues insubmersibles, prolongées à l'amont et à l'aval, de manière à enserrer et à régulariser le cours sur une longueur totale d'environ 24 kilomètres. Ces digues, espacées de 760 mètres, limitent le lit majeur, destiné à l'écoulement des crues. Un lit mineur de 285 mètres de largeur est ouvert dans le lit majeur, sur la rive droite, pour contenir les eaux basses et moyennes. Le fond du lit mineur est creusé à 3 m. 20 sous l'étiage; les crues s'élèvent à 3 m. 80 au-dessus de l'étiage. Nous ne nous arrêterons pas

davantage à ce grand travail, presque entièrement exécuté avant 1889. Ajoutons seulement qu'il met 24,000 hectares à l'abri des inondations.

Canal du Danube, dans Vienne. — La ville de Vienne est traversée par un bras du Danube, dit *canal du Danube,* mesurant environ 17 kilomètres de longueur, sur une cinquantaine de mètres de largeur, qui l'exposait autrefois aux ravages des crues, et que, en vertu d'une loi du 18 juillet 1892, on transforme en port de commerce et de refuge.

Cette transformation comporte : l'établissement, à l'origine amont du canal, près de Nussdorf, d'un barrage avec écluse, pouvant fermer complètement l'accès du canal aux crues et aux glaces; l'approfondissement du canal jusqu'à 3 m. 20 sous l'étiage; l'exécution, sur le parcours du canal, de trois ou quatre barrages avec écluses, pour assurer partout, eu égard à la pente, un tirant d'eau suffisant, le barrage d'aval devant empêcher aussi le reflux des eaux. Après examen, il a été décidé que ces barrages seraient mobiles et qu'on en construirait quatre, celui de Nussdorf compris. On estime la dépense à 21 millions de francs, non compris les frais d'établissement du port de Freidenau, qu'on projette d'installer dans la partie d'aval du canal.

Barrage éclusé de Nussdorf (1894-1898). — Un bateau-porte, construit en 1873, à la tête amont du canal du Danube, préserve depuis lors ce canal et la ville de Vienne des débâcles de glace et des crues du Danube.

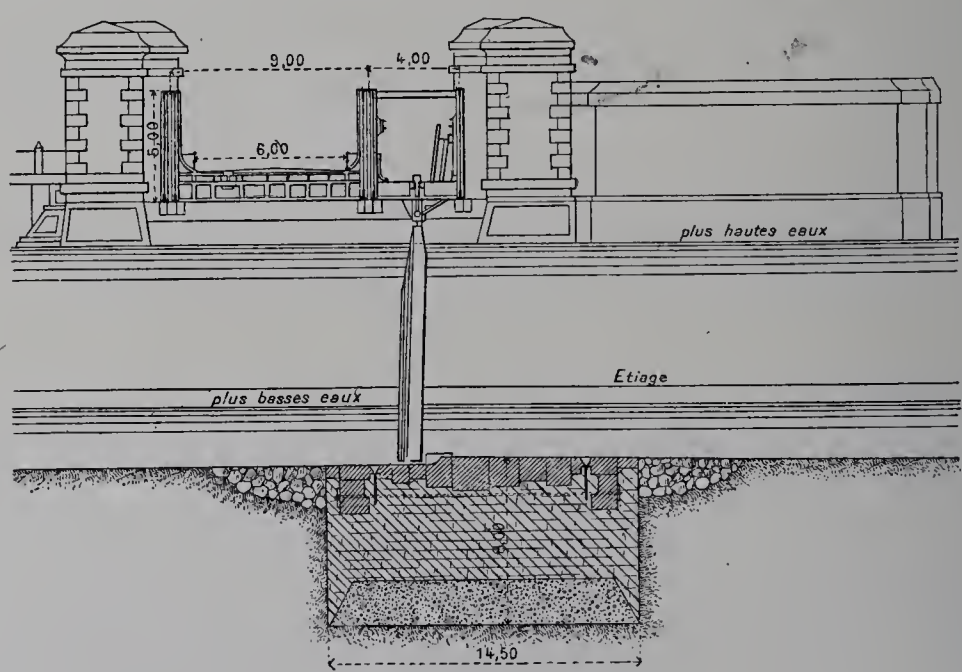


Fig. 128 — Barrage de Nussdorf.

Le nouveau barrage, disposé à une centaine de mètres en aval du bateau barreur, qu'il doit remplacer, consiste, comme le barrage de Poses, sur la Seine, en un pont supérieur, sous le tablier duquel sont attachés, par des articulations, des cadres métalliques, butés à leur pied contre le seuil du radier et pouvant être relevés contre le des-

sous du tablier. La charge d'eau peut atteindre jusqu'à 9 m. 34, ce qui donne lieu, sur chaque culée, eu égard à l'ouverture de 40 mètres attribuée au barrage, à 560 tonnes de charge verticale et à 280 tonnes de poussée horizontale. Tous les organes fixes du barrage, culées, radier, pont de service, ont dû être construits avec une extrême solidité pour résister aux efforts exercés par une telle charge d'eau. Le radier, fondé sur caisson, à l'air comprimé, mesure 14 m. 50 de largeur et au moins 8 mètres d'épaisseur. Le pont de service se compose d'une très robuste poutre horizontale de 13 m. 70 de largeur, soutenue par trois poutres verticales de 5 mètres de hauteur, espacées d'axe en axe de 9 mètres et de 4 mètres. Les cadres mobiles au nombre de 16, mesurant 2 m. 50 de largeur, sont formés chacun de deux aiguilles latérales, à section en U, et d'une aiguille centrale à section double T, réunies ensemble par des entretoises. Les intervalles de 1 m. 25, compris entre deux aiguilles consécutives, sont fermés par des vannes roulantes superposées, qu'on manœuvre du pont supérieur. La vanne inférieure, de 2 m. 76 de hauteur, est à jalousies afin de pouvoir donner de l'eau en temps de glaces; elle est, en outre, guidée par des coulisses spéciales, ce qui permet de l'actionner isolément. Les cadres, débarrassés de leurs vannes, sont relevés à l'aide d'un treuil circulant sur la voie de 9 mètres. La manœuvre à bras d'un cadre exige, pose ou dépose des vannes comprise, quarante minutes au relèvement et vingt-deux minutes à la descente. L'emploi de l'électricité réduira ces délais de moitié. Le pont, avec les cadres et les vannes, pèse environ 1,220 tonnes.

L'écluse est établie un peu en aval du barrage, sur un canal de jonction spécial. Elle a 85 mètres de longueur sur 15 mètres de largeur, de manière à recevoir les plus grands bateaux du Danube. Les portes de la tête amont s'élèvent à 6 m. 30 au-dessus du zéro; leur hauteur totale atteint 10 m. 10; la hauteur des portes d'aval est de 8 m. 30.

Outre les facilités que donne, pour l'alimentation en eau du canal, la faculté d'ouvrir plus ou moins le rideau mobile du barrage, on s'est réservé, dans le même but, une autre ressource, en construisant entre le fleuve et le canal, au-dessous du niveau des plus profondes congélations, deux conduites directes d'alimentation.

L'ensemble des installations de Nussdorf a coûté 7,500,000 francs.

Collaborateurs principaux : MM. le conseiller supérieur Taussig, directeur des travaux du canal; Berger, directeur des travaux de la ville; Bischoff de Klammstein, directeur du Métropolitain; MM. les ingénieurs en chef R. Halter et A. Rheinhold; M. l'ingénieur civil Freissler.

COMMISSION POUR LA CANALISATION DE LA MOLDAU ET DE L'ELBE, À PRAGUE.

On se propose de faire remonter les plus grands bateaux de l'Elbe jusqu'à Prague. Il est indispensable, pour atteindre ce but, de canaliser les 120 kilomètres de cours d'eau compris entre la frontière allemande, à Aussig et Prague, savoir : 69 kilomètres sur l'Elbe

IMPRIMERIE NATIONALE.

et 51 kilomètres sur la Moldau. En effet, lors du très bas étiage de 1893, les profondeurs d'eau minima sont tombées à 0 m. 20 sur la Moldau et à 0 m. 63 sur l'Elbe. Or, pour assurer le passage des plus grands bateaux de l'Elbe, mesurant 60 à 70 mètres de longueur, 10 à 11 mètres de largeur, 1 m. 70 à 1 m. 80 de tirant d'eau et chargeant 600 à 700 tonnes, il faut créer partout un mouillage de 2 m. 10. Et on ne saurait l'obtenir que moyennant une succession de barrages accompagnés de dérivations, à l'aval desquelles seront établies les écluses.

Le projet, qui est en cours d'exécution, comporte 13 barrages, dont 6 sur la Moldau et 7 sur l'Elbe. Les chutes des barrages, ordinairement inférieures à 3 mètres, permettent, en général, l'emploi de barrages à aiguilles. Les chutes des écluses peuvent atteindre et même dépasser 5 mètres. La longueur des biefs, de barrage à barrage, varie de 4 à 13 kilomètres. Les écluses, qui mesurent 250 mètres de longueur avec 11 mètres de largeur d'entrées, sont divisées sur leur longueur en deux sas, séparés par une paire de portes intermédiaires. Le sas d'aval, long de 147 mètres et large, au plafond, de 20 mètres, est disposé pour contenir un train de bateaux. Le sas d'amont, long de 78 mètres et large de 11 mètres, reçoit les bateaux isolés. Le tirant d'eau est de 2 m. 50 dans les écluses et d'au moins 2 m. 10 dans toutes les parties de la voie d'eau.

Le tirant d'air, sous les ponts, est de 4 m. 50 au-dessus de la retenue normale.

Les projets et les travaux sont soumis à l'examen d'une commission, constituée le 25 septembre 1896, qui a prévu, pour l'ensemble des travaux, une dépense de 12,950,000 florins d'Autriche, soit de 27,195,000 francs. On a commencé tout de suite l'exécution. Les trois premiers barrages éclusés, à partir de Prague, sont maintenant achevés, et on travaille aux ouvrages suivants.

Comme ces trois barrages ne sont point pareils, nous donnerons brièvement les caractéristiques de chacun d'eux.

Barrage éclusé de Klecan (N° II), construit de septembre 1897 à janvier 1899. Le barrage, comportant une passe navigable de 40 m. 15 d'ouverture et deux passes de 38 m. 90, est du système Poirée. Les aiguilles, en bois, sont appuyées contre des fermettes de 4 m. 70, 4 m. 10 et 3 m. 70 de hauteur, espacées de 1 m. 25. A côté de la passe navigable est une passe de flottage de 12 mètres de largeur, pour la descente des trains de bois flotté. La pente du fond en est réglée à 1/24 et l'épaisseur de la tranche d'eau y est de 1 mètre. Il existe aussi une échelle à gradins, pour la remonte du poisson.

La longueur du canal de dérivation est de 1 kilomètre. La chute de l'écluse est comme celle du barrage, de 3 m. 10. La consommation d'eau monte à 2,660 mètres cubes pour le petit sas, et à 14,860 mètres cubes pour le sas tout entier. La durée du remplissage est de quatre minutes pour le petit sas et de dix-huit minutes pour le grand sas.

La dépense totale pour la retenue de Klecan s'est élevée à 2,383,055 francs.

Barrage éclusé de Libschitz (N° III), construit de fin 1897 à 1900. Le chenal de l'écluse mesure 450 mètres de longueur. La chute est de 3 m. 56. Il y a deux passes dans le barrage, une passe de flottage et une échelle à poisson. La passe navigable, de 65 mètres d'ouverture, est munie comme celle du barrage de Suresnes, près Paris, de grandes fermettes dont les intervalles sont clos par des vannes superposées du système Boulé. L'autre passe, de 48 m. 90 d'ouverture, contient un barrage à aiguilles. La dépense totale de la retenue monte à 2,389,407 francs.

Barrage éclusé de Troja (N° I), construit de 1898 à 1900. Le chenal de l'écluse mesure 2,800 mètres. La chute du barrage est de 2 m. 80; celle de l'écluse atteint 5 m. 40. Le barrage comprend trois pertuis de 38 m. 85, 37 m. 60 et 38 m. 85 d'ouverture libre, fermés par des aiguilles de 3 m. 71, 4 m. 10 et 4 m. 66 de longueur. Il y a, de plus, une passe de flottage et une échelle à poisson. Le coût total de la retenue de Troja atteint 4,398,937 francs.

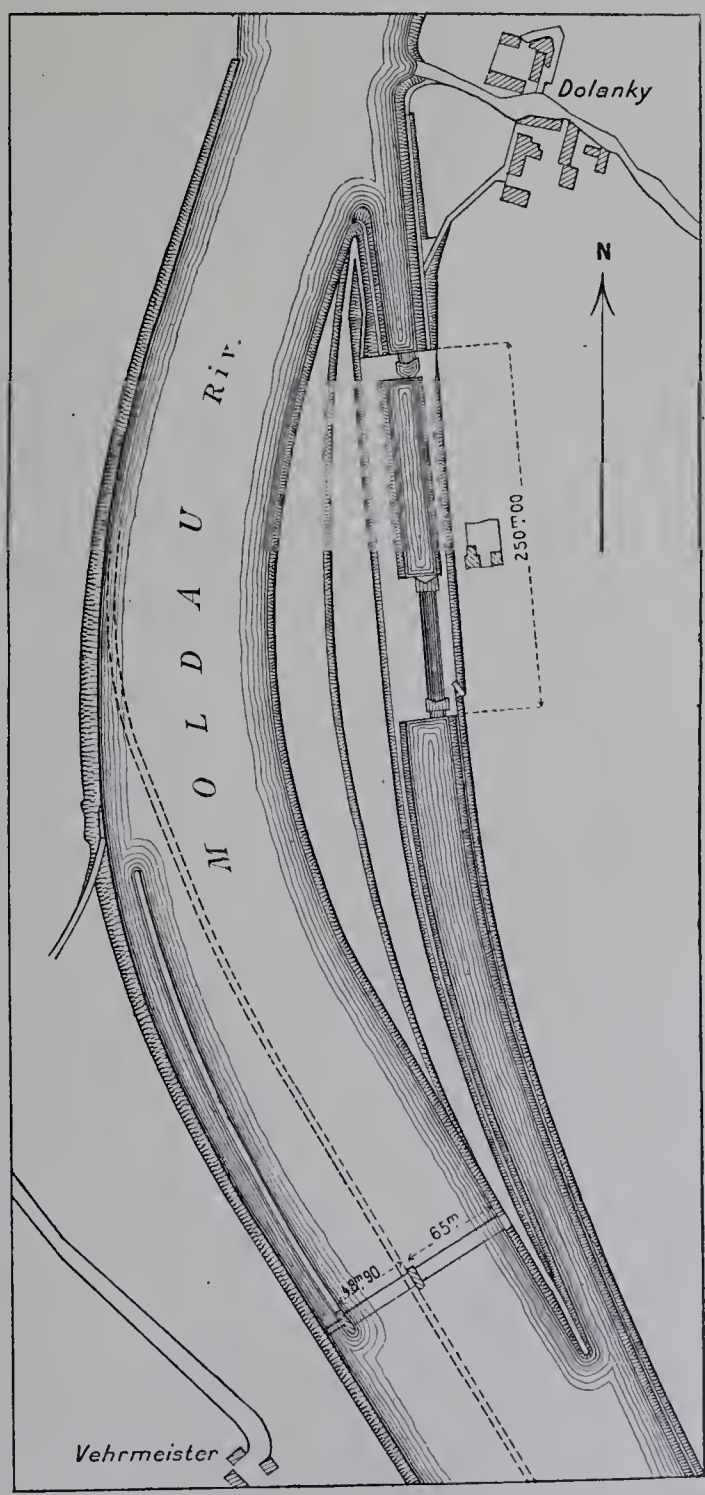


Fig. 129. — Barrage éclusé de Libschitz.

Barrage éclusé de Mirowitz (N° IV). — Les travaux sont seulement commencés. Le barrage est placé au droit de l'écluse. La chute atteint 3 m. 90. Le barrage, composé d'une passe navigable de 56 mètres, comprise entre deux passes de 20 m. 25 et de 55 m. 55, est établi au-dessous d'un pont-route, dont la construction est concertée avec la sienne. On a profité de ce pont pour disposer les organes mobiles de la passe navigable selon le système appliqué sur la Seine, à Poses, et adopté pour le barrage

de Nussdorf, à Vienne. Le rideau du barrage est formé de vannettes superposées. Les deux autres passes sont à fermettes avec aiguilles.

Le devis estimatif monte à 2,857,470 francs, pour les travaux à la charge du service de la navigation.

On complète les études et on prépare les adjudications des ouvrages suivants. On compte achever, d'ici à deux ou trois ans, la canalisation de la Moldau.

Collaborateurs principaux : M. le conseiller technique Mrasick, directeur des travaux; M. l'ingénieur en chef V. Mayer; MM. Frasil frères, constructeurs de la majeure partie des ouvrages métalliques.

Comité pour la construction du canal du Danube à la Moldau et à l'Elbe. — Une commission du Parlement autrichien, assistée d'ingénieurs, ayant demandé, en 1884, qu'il fût procédé aux études d'un canal partant de Vienne et dirigé sur Budweïs, en Bohême, au confluent de la Maltsch et de la Moldau, ainsi qu'aux études de la canalisation de la Moldau jusqu'à son embouchure dans l'Elbe, à Melnick, il se constitua, à cet effet, en décembre 1892, un grand comité qui mit au concours, en mai 1873, le projet du canal.

Les données étaient les suivantes : largeur au plafond, 18 mètres, au plan d'eau, 30 mètres; tirant d'eau normal, 2 m. 10. Écluses : longueur utile, 67 mètres; largeur, 8 m. 60; mouillage, 2 m. 50; chute, au moins 4 mètres. Ponts : ouverture, 21 mètres; tirant d'air, 4 mètres.

Trois projets furent présentés.

1° **Hallier et Dietz-Monin.** Longueur du canal, 181 kilomètres; longueur du bief de partage, 31,250 mètres. Du Danube (cote 163 m. 60) au bief de partage (550 mètres), dénivellation de 386 m. 40, franchie au moyen de 7 plans inclinés de 1,020 à 2,000 mètres de longueur, de 38 à 101 mètres de hauteur, avec pente de 4 à 6 p. 100. Du bief de partage à la Maltsch, affluent de la Moldau (388 mètres), dénivellation de 162 mètres, franchie avec 3 plans inclinés. Dépense totale : 134.4 millions de francs. Dépense kilométrique : 740,000 francs.

2° **Gröger.** Longueur du canal, 156 kilomètres; bief de partage : cote 523 m. 20; longueur, 38,180 mètres. Sur le versant Danube : 10 écluses; 9 plans inclinés de 267 à 925 mètres de longueur et de 24 à 39 mètres de hauteur; 2 tunnels. Sur le versant Moldau : 22 écluses de 1 m. 70 à 9 m. 50 de chute. Dépense totale : 115.5 millions de francs. Dépense kilométrique : 740,000 francs.

3° **Lanna et Vering.** Longueur du canal, 209.1 kilomètres; bief de partage : longueur, 35,960 mètres; cote 530 m. 60. Versant Danube : 35 écluses de 5 à 10 mètres de chute; 1 tunnel de 1,890 mètres. Versant Moldau : 22 écluses; 5 petits tunnels. Dépense totale : 124,950,000 francs. Dépense kilométrique : 600,000 francs.

Le comité s'estimant insuffisamment éclairé sur les conditions d'exécution, de coût et d'exploitation des élévateurs mécaniques, ajourna son jugement et ouvrit, en 1895, un nouveau concours portant sur ces élévateurs. Dix-sept constructeurs de tous pays furent appelés; douze projets furent présentés. En 1897, deux prix furent décernés : le premier à l'Association des cinq usines de construction de Bohême (Daneck; Ruston; Ringhoffer, à Prague; fabrique de machines à Lieben; Skoda, à Pilsen), et le second à la maison Haniel et Lueg, de Dusseldorf. Le projet Haniel et Lueg comporte un simple et un double sas transportés longitudinalement sur un plan incliné de 50 et de 100 mètres d'élévation verticale. Le projet des usines de Bohême comporte un sas unique transporté transversalement avec l'aide d'un contrepoids, sur un plan incliné à 1/5, mesurant 500 mètres de longueur et 100 mètres de hauteur. Le sas métallique, contenant le bateau, mesure 70 mètres sur 8 m. 25. Il est porté par un chariot à section trapézoïdale, roulant sur quatre rails. Les rails extrêmes sont écartés de 55 mètres.

Entre ces deux projets très bien étudiés, le jury s'est prononcé en faveur du slip en travers, qu'il a jugé plus avantageux. Les travaux du comité et le projet du canal en sont restés là, pour le moment.

Bureau central hydrographique, créé en 1893. — Les services ont été organisés à partir de 1895. On a institué 14 divisions régionales, distribuées de manière à embrasser les bassins des principaux cours d'eau, et ayant leurs sièges à Linz, Gratz, Klagenfurt, Laibach, Trieste, Inspruck, Prague, Brünn, Troppau, Leopol, Czernowitz, Zara. On se propose, non seulement d'observer les phénomènes naturels : pluie, neige, glace, température des eaux, formation des cours d'eau, débits, crues, mais de dresser des cartes et des profils exacts de ces cours d'eau, d'organiser des services d'avertissement des crues, d'étudier les formules de débits, les largeurs et les profondeurs les plus convenables pour la navigation, les divers systèmes de régularisation en vue de réduire la dépense, etc.

On a commencé par installer des stations ombrométriques (2,615, dont 2,378 à l'intérieur et 237 à l'étranger); des stations nivométriques (984) et des échelles de hauteur d'eau (1,124, dont 938 à l'intérieur et 186 à l'étranger). Puis on a institué des jaugeages hydrométriques opérés au moyen de moulinets à compteurs électriques, tarés à l'Institut des tarages hydrométriques créé à Vienne à cet effet. On s'est occupé ensuite d'organiser des services d'avertissement de l'état des eaux et notamment des crues.

Le Bureau central expose un grand nombre de cartes, diagrammes, règlements, instructions, comptes rendus d'observations, etc., en tout 78 pièces. Il expose en outre 21 appareils très perfectionnés et construits avec le plus grand soin, parmi lesquels nous citerons : le limnigraphe, indicateur automatique du niveau des eaux, du système Schœffler; l'appareil, du système Siedeck-Schœffler, annonçant automatiquement le niveau des eaux à grandes distances; divers moulinets hydrométriques avec

appareils de contact électrique et tiges conductrices; l'ombrographe enregistrant automatiquement les quantités de pluie tombée, etc.

Collaborateur principal : M. l'ingénieur en chef Siedeck.

Ministère impérial royal de l'intérieur (*Publications relatives aux travaux publics*). — Le Ministère de l'intérieur fait paraître, sous la direction d'un même comité technique et par les soins d'un même rédacteur en chef, M. le conseiller supérieur A. de Weber-Ebenhof, deux publications périodiques, bien connues et très estimées, qui traitent en même temps des travaux de construction et des travaux d'architecture. Ce sont : l'*Allgemeine Bauzeitung* et l'*OEsterreichische Monatschrift*. Toutes deux sont illustrées par de nombreuses planches soigneusement exécutées et par un grand nombre de dessins et de phototypies insérés dans le texte. Elle sont d'un grand format, avec des planches de mêmes dimensions que le texte.

Ces deux périodiques se complètent l'un l'autre. L'*Allgemeine Bauzeitung*, publication trimestrielle, fondée en 1836, donne des articles de fond fournissant des renseignements étendus et détaillés sur les matières examinées. L'*OEsterreichische Monatschrift*, publication mensuelle, tient le lecteur au courant, par de courts articles et par une chronique très développée, de tous les faits nouveaux propres à intéresser les architectes et les ingénieurs. Ce périodique est transformé, depuis le 1er janvier 1901, en une publication hebdomadaire, sous le titre : *OEsterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst*.

Société autrichienne des ingénieurs et architectes, à Vienne (*Photographies, tableaux, publications diverses*). — Fondée en 1848, cette société comptait 253 membres en 1850, 1,352 en 1870, 2,106 en 1890 et 2,377 en 1900. Au bulletin mensuel, *Zeitschrift der œsterreichischen Ingenieur und Architekten Vereins*, qu'elle a fait paraître dès son origine, elle a joint, de 1876 à 1891, une feuille hebdomadaire, *Wochenschrift der œsterreichischen Ingenieur und Architekten Vereins*, qui s'est fondue, à partir de 1892, dans la *Zeitschrift*, devenue alors hebdomadaire. La publication de ce journal est confiée, sous la direction d'un comité de rédaction, qui décide de l'admission des articles sur le rapport d'un de ses membres, à M. le baron C. Popp, secrétaire de la Société.

Outre la collection de ses périodiques, universellement connus et appréciés, la Société a exposé des études ou des rapports sur différents sujets, entre autres sur la résistance des voûtes, sur l'alimentation en eau de la ville de Vienne, sur les accidents de chaudières fixes ou mobiles, sur les règlements relatifs à la construction des bâtiments, etc.

Le rapport sur la résistance des voûtes relate les très importantes expériences faites, de 1890 à 1892, à l'initiative de M. Brausewetter, par une commission de 21 membres présidée par M. Gartner. Ces expériences ont consisté dans la mesure des déformations sous des charges croissantes poussées jusqu'à la rupture. Elle ont porté : 1° sur des

voûtes de bâtiment, en arc de cercle très tendu, de 0 m. 75, 1 m. 35, 2 m. 70 et 4 m. 05 de portée, construites en briques, en béton ou en béton armé, du système Monnier ou du système Melan; 2° sur deux voûtes de 10 mètres, surbaissées à 1/10, en béton et en ciment armé; 3° sur de grandes voûtes, surbaissées à 1/5, mesurant 23 mètres de portée, 4 m. 60 de flèche et 2 mètres de largeur, construites en maçonnerie de moellons bruts, en briques, en béton, en arcs métalliques, en béton armé et en béton de ciment avec articulations aux naissances. Ces expériences dont la dépense, montant à 85,000 francs, a été couverte par des dons en espèces et en nature, ont obtenu un grand et mérité retentissement et fait beaucoup d'honneur à la Société.

Collaborateur principal : M. le conseiller aulique Brik, membre du Comité de direction.

Melan, à Brunn (*Photographies et dessins de ponts*). — M. Melan est l'inventeur d'un système de construction de ponts en béton armé, qui a reçu, de 1893 à 1898, de nombreuses applications en Autriche (10 ponts) et surtout aux États-Unis de l'Amérique du Nord (27 ponts). Ce système consiste à noyer, dans une mince voûte en béton, de légers arcs métalliques, à section double T et âme en treillis, espacés d'environ 1 mètre. On exécute ainsi des ponts très hardis et peu coûteux.

Le pont de **Topeka**, dans l'État de Kansas, aux États-Unis (1896-1897) comprend cinq arches, une centrale de 38 m. 09 d'ouverture, deux intermédiaires, de 33 m. 53 et deux de rive, de 29 m. 72. Les flèches sont respectivement de 5 m. 75, 4 m. 96

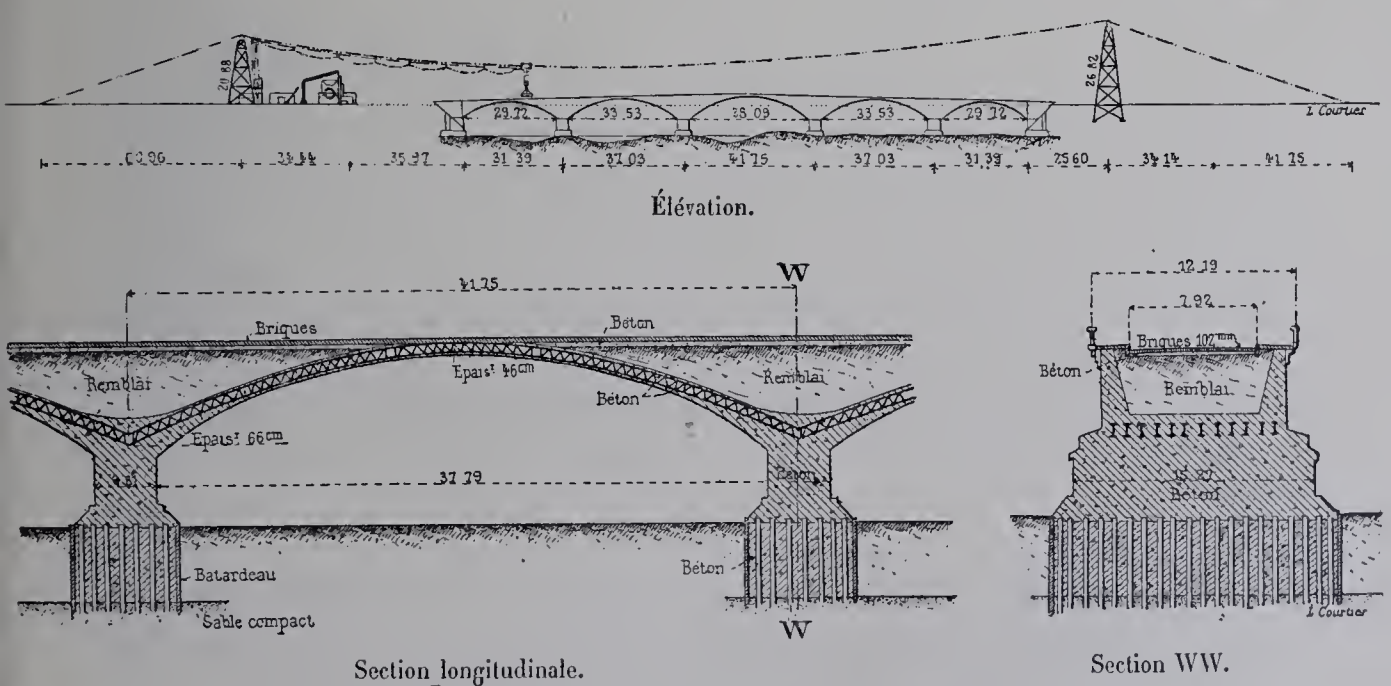


Fig. 130. — Pont de Topeka (États-Unis).

et 4 m. 31. Sur la largeur, égale à 12 m. 19, sont disposés 12 arcs en acier, mesurant 0 m. 46 de hauteur à la clef et 0 m. 66 aux naissances. Toute la construction,

voûtes, piles, tympans, est en béton de ciment de Portland. Le poids de l'acier mis en œuvre ne dépasse pas 140 tonnes. La dépense s'est élevée à 750,000 francs.

Le **pont de l'école de natation de Steyr,** dans la Haute-Autriche (1898), se compose d'une seule arche à triple articulation, surbaissée à 1/16, mesurant 42 m. 40 d'ouverture, 2 m. 65 de flèche et 6 mètres de largeur. Les arcs métalliques, espacés de 1 mètre, ont 0 m. 50 de hauteur à la clef et aux naissances et 0 m. 70 dans l'intervalle, aux points de renflement maximum. Les épaisseurs de la voûte en ciment sont de 0 m. 60 à la clef, 0 m. 70 aux naissances et 0 m. 80 dans l'intervalle. La dépense s'est élevée à 1,053 francs par mètre courant et à 175 francs par mètre carré de chaussée.

Birk, à Prague (*Publications et modèles divers de travaux publics*). — M. Birk, ingénieur en chef et professeur à l'Institut technique supérieur allemand de Prague, expose de nombreuses et importantes publications techniques, qui se rapportent surtout à l'étude des questions de chemins de fer. Il s'était fait connaître, dès 1861, par son ouvrage *Sur la construction et sur l'exploitation du chemin de fer du Semmering.* Parmi ses derniers écrits, nous citerons les suivants : *Sur les chemins de fer à voie étroite; De la construction des joints des rails; L'adduction d'eau potable à Vienne; Études sur les chemins de fer secondaires;* nombreux *Rapports sur les Expositions.* M. Birk s'est en outre signalé comme écrivain populaire, comme vulgarisateur. Il a donné à divers journaux un grand nombre de feuilletons techniques.

Schromm, à Vienne (*Publications diverses*). — M. Schromm, conseiller aulique et inspecteur de la navigation, s'est principalement occupé des questions de navigation, qu'il a traitées en de multiples rapports présentés aux congrès de navigation, en quelques mémoires et en de nombreuses communications faites à la Société autrichienne des ingénieurs et des architectes, communications ayant trait : aux *divers moyens de propulsion sur les voies navigables artificielles,* au *touage mécanique,* aux *ascenseurs* et aux *plans inclinés pour bateaux,* à *l'exploitation des voies navigables en Autriche,* etc. M. Schromm a exposé, dans la Classe 33, un album de dix-huit planches, montrant les résultats des expériences faites sur le Danube pour déterminer la résistance des bateaux à la traction.

Weber de Ebenhof, à Vienne (*Publications relatives aux travaux hydrauliques*). — M. Weber de Ebenhof, membre du Comité et rédacteur en chef de l'*Allgemeine Bauzeitung* et de l'*OEsterreichische Monatschrift,* publiés par le Ministère de l'intérieur, a fait paraître, outre de nombreux articles insérés dans ces deux périodiques, plusieurs ouvrages qui se rapportent surtout à l'hydraulique. Citons parmi les derniers en date : *Hydrologie pratique (régularisation des fleuves et des torrents de montagne) dans le bassin alpin de l'Adige et ses relations avec l'hydrologie dans le terrain d'alluvion de la haute Italie,*

Vienne, 1893, ouvrage considérable, très apprécié par les ingénieurs italiens; *Projet du gouvernement autrichien pour la régularisation de la Morava,* Vienne, 1894; *Rapport sur la régularisation des rivières en basses eaux avec application au Danube,* Vienne, 1896, rapport à la suite duquel la création d'un lit mineur de 160 mètres de largeur, le long du nouveau lit ouvert au Danube à côté de Vienne, a fixé le thalweg dans ce lit mineur et y a maintenu, lors des très basses eaux de 1900, un mouillage d'au moins 2 mètres; *Guide technique sur le Danube en Basse-Autriche,* Vienne, 1897; *Le Danube en tant que voie de jonction des voies navigables allemandes et austro-hongroises,* Vienne, 1897; et, pour terminer cette nomenclature, un très intéressant ouvrage d'une utilité générale : *Construction, exploitation et administration des voies navigables naturelles et artificielles, d'après les congrès de navigation tenus de 1885 à 1894,* Vienne, 1895.

BELGIQUE.

La Belgique, dont le commerce, soit général, soit spécial, est, par tête d'habitant, notablement plus élevé que celui d'aucun autre pays du monde (en 1898, 574 francs en Belgique et 480 francs en Angleterre) est aussi l'un des pays les mieux pourvus de voies de communication. De 1889 à 1899, son réseau de chemins de fer a passé de 5,007 à 6,194 kilomètres, avec un accroissement de 1,187 kilomètres. Ce réseau est le plus dense qui existe parmi ceux des États grands ou moyens. Il représente 21 kilomètres de voie ferrée par myriamètre carré. La Grande-Bretagne, l'Allemagne et la France n'en possèdent respectivement que 11.0, 9.3 et 7.9.

La navigation intérieure a été développée et améliorée avec sollicitude. La Belgique possède 2,196 kilomètres de voies navigables, qui ont transporté, en 1896, 33,816,000 tonnes à une distance moyenne de 23.20 kilomètres. Ces voies se décomposent ainsi :

		kilom.	kilom.
Rivières...	flottables	198	1,231
	navigables	484	
	canalisées	549	
Canaux...	de grande navigation (au-dessus de 200 tonnes)	735	965
	de petite navigation (au-dessous de 200 tonnes)	230	
	TOTAL		2,196

Les canaux de grande navigation ont un mouillage d'au moins 2 mètres. Ceux construits dans les dernières années ont reçu 10 m. 50 de largeur au plafond, 2 m. 40 de tirant d'eau et 4 mètres de tirant d'air. Les écluses mesurent 40 m. 80 de longueur utile, 5 m. 20 de largeur et, au plus, 4 m. 20 de chute. De 1830 à 1897, la Belgique a dépensé 442 millions pour ses voies de navigation intérieure.

C'est surtout à la construction et à l'amélioration des ports et des canaux maritimes qu'elle applique maintenant ses efforts et ses ressources. A côté d'Anvers qui continue à se développer, Bruxelles, Gand et Bruges deviennent ou redeviennent des ports de mer grâce à la création ou à l'approfondissement de canaux maritimes, rendus capables de recevoir les grands navires de commerce d'aujourd'hui. A l'embouchure du canal de Bruges se construit en pleine mer le port de Zeebrugge ou de Heyst, relié à la côte par une jetée à claire-voie. En même temps, le port d'Ostende se transforme et s'agrandit. Le mouvement des ports maritimes belges, en tonnes de jauge, entrées et sorties réunies, a passé de 7,111,146 tonnes, en 1880, à 11,589,148 tonnes, en 1890, et à 15,899,475 tonnes, en 1897.

L'exposition de la Belgique, dans la Classe 29, est restreinte presque exclusivement aux travaux maritimes.

Administration des ponts et chaussées, à Bruxelles. — L'Administration des ponts et chaussées, qui participe largement, par ses subsides et par le concours de ses ingénieurs, à l'exécution des travaux maritimes, expose ces travaux collectivement, en même temps que, pour les ports de Zeebrugge, Gand, Anvers et Bruxelles, les mêmes travaux sont exposés séparément par les villes ou par les sociétés qui les entreprennent. Nous en rendrons compte sous les noms de ces villes et de ces sociétés et nous nous bornerons à examiner ici les travaux du port d'Ostende.

Port d'Ostende. — Des dragages considérables ont été exécutés dans les trois passes Ouest, directe et Est, donnant accès au port d'Ostende à travers le banc de sable, dit *Stroombank*. On a dragué, de 1892 à 1899, 1,691,000 mètres cubes dans la passe Ouest; de 1896 à 1900, 1,450,000 mètres cubes dans la passe centrale; et, de 1897 à 1900, plus de 6 millions de mètres cubes dans la passe Est. On a obtenu ainsi des mouillages de 5 à 6 mètres sous le o d'Ostende avec des largeurs de passe de 500 mètres pour les deux premières passes et de 1,200 mètres pour la passe de l'Est. Les dragages se sont exécutés d'abord au prix de o fr. 467 par mètre cube, puis au prix de o fr. 328 ou de o fr. 343. Les dragages d'entretien des passes, du chenal et du port d'Ostende, ont comporté, de 1894 à 1899, l'enlèvement annuel de 350,000 à 415,000 mètres cubes, payés, depuis 1897, à raison de o fr. 328 dans les passes et le chenal, et de o fr. 577 dans les chenaux intérieurs du port. La plus grande partie de ces dragages s'effectuent dans le chenal du port, dont le mouillage sous les basses mers de vives-eaux a été porté de 2 m. 40 à plus de 6 mètres, et dans les chenaux intérieurs du port où, depuis la suppression des chasses venant de l'arrière-port, il se produit d'importants dépôts vaseux. Les passes extérieures se maintiennent bien moyennant un entretien relativement faible.

Le port d'Ostende est à chenal d'accès, comme ceux de Dunkerque et de Boulogne. Le chenal, compris entre deux jetées en charpente à claire-voie, est long de 450 mètres. On l'a élargi en 1889 par la reconstruction de la jetée Ouest. La largeur a été portée de 100 à 150 mètres à l'entrée et de 60 à 100 mètres à l'endroit le plus resserré.

L'avant-port donne accès aux ancien bassins à flot, au nombre de trois, situés derrière la ville, à la suite l'un de l'autre; ils mesurent 5 hectares de superficie avec 1,150 mètres de murs de quai. L'écluse d'entrée a 58 m. 50 de longueur et 12 mètres de largeur.

Au fond de l'avant-port, s'ouvre l'arrière-port, de 12 hectares, employé, avant 1896, comme bassin de chasses, pour l'enlèvement des vases qui se déposent dans l'avant-port.

Les travaux d'agrandissement, adjugés, en décembre 1897, pour la somme de 14,830,000 francs, se partagent entre l'État et la ville d'Ostende. Ils comprennent notamment les ouvrages suivants :

A la charge de l'État : prolongation de l'avant-port sur l'espace occupé par l'ancien

arrière-port, et construction, sur la rive Ouest du nouvel avant-port, d'un quai à marée de 800 mètres de longueur, accostable en tout temps par les plus grands navires; construction, au fond du nouvel avant-port, d'une écluse de chasse et d'un bassin de retenue d'environ 80 hectares, destinés à empêcher les dépôts de vase dans l'avant-port et dans le chenal; exécution, au droit de cette écluse d'un pont à travée tournante comprise entre deux travées fixes; construction, en amont de ce pont, d'une seconde écluse de chasse, pour débiter les eaux de la Noord-Eede, rigole d'assèchement de watringues très étendus.

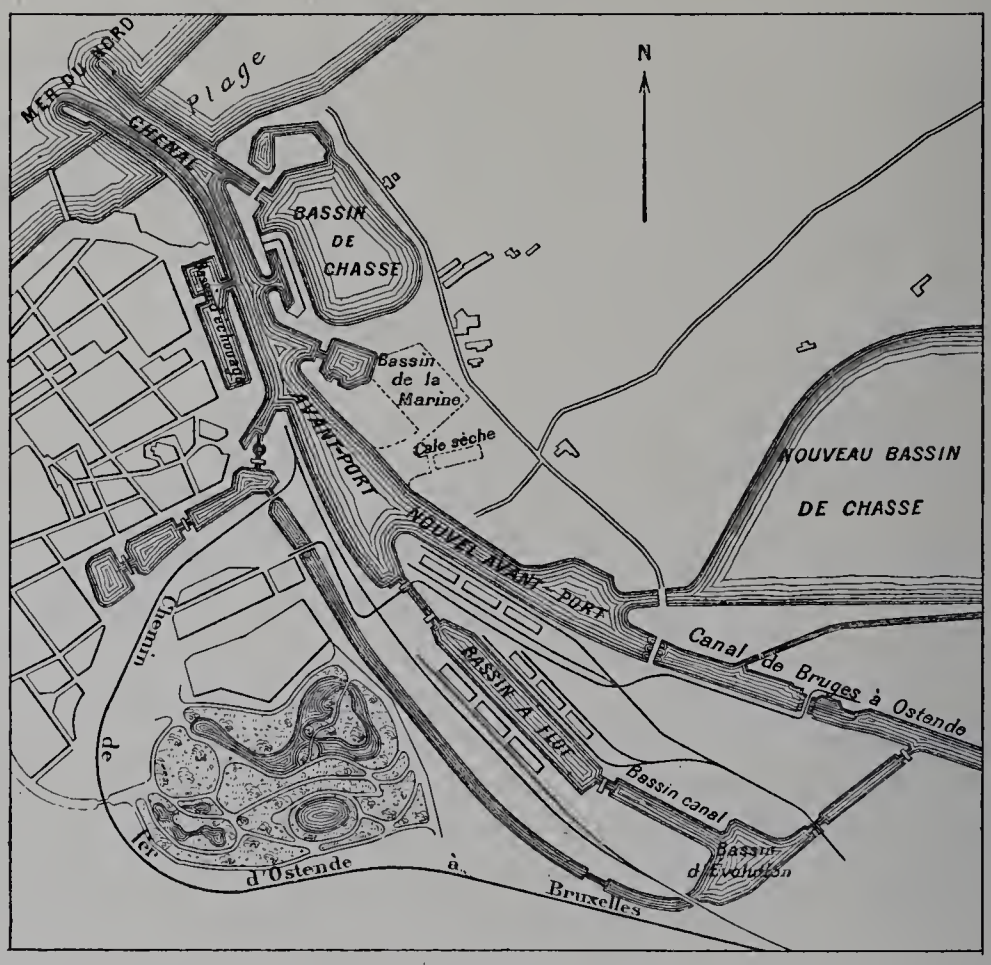


Fig. 131. — Port d'Ostende.

A la charge de la ville : construction, à l'origine aval du nouvel avant-port, et, du côté de l'Ouest, d'une écluse maritime de 120 mètres de longueur utile et de 18 mètres de largeur, ayant son busc à la cote — 4 m. 50; construction, à la suite de cette écluse, de trois bassins ouverts l'un dans l'autre, savoir : le nouveau bassin à flot, à quais verticaux, long de 650 mètres, large de 90 mètres, ayant son plafond à la cote — 4 mètres, le bassin-canal, à quais perreyés, et le bassin d'évolution, ce dernier mis en communication avec le canal de Bruges à Ostende; exécution de trois ponts tournants, dont deux sur l'écluse et un sur le bassin-canal.

Le mouillage, au pied du quai à marée du nouvel avant-port, est de 8 mètres au-dessous du zéro. La hauteur du mur est de 14 m. 80 au-dessus de sa fondation, con-

stituée par des caissons métalliques de 2 m. 50 de hauteur, remplis de mortier de ciment. L'épaisseur de la muraille, bâtie en briques et parrementée en moellons, est de 6 m. 96 à la base et de 3 m. 40 au sommet.

Le mur de quai est construit par tronçons à l'aide de caissons en tôle de 25 mètres de longueur, de 8 m. 50 de largeur et de 2 m. 50 de hauteur, surmontés de 6 cheminées, dont une centrale pour le personnel, deux pour la remonte des déblais et trois pour le bétonnage de la chambre de travail. Les caissons sont échoués les uns à la suite des autres, avec 0 m. 40 d'intervalle, dans une fouille dressée d'avance à 1 mètre au-dessus du zéro. Le mur s'exécute à l'air libre au-dessus du plafond, en profitant des basses mers; il s'enfonce avec le caisson jusqu'à ce que celui-ci soit descendu à sa place définitive. Les divers tronçons sont réunis par des joints bétonnés, surmontés (à la cote — 0.90) de voussettes, au-dessus desquelles la maçonnerie est continuée tout d'une pièce. La durée du fonçage d'un caisson est, en moyenne, de vingt et un jours, y compris le bétonnage de la chambre de travail. La descente moyenne journalière est de 0 m. 58.

Les terre-pleins du quai à marée mesurent 100 mètres de largeur; ceux du nouveau bassin à flot en mesurent 80. Les organes mobiles des écluses et des ponts, ainsi que les engins de manutention des marchandises : grues, cabestans, monte-charges, etc., seront actionnnés électriquement.

On se réserve de compléter les ouvrages neufs prémentionnés, par la construction, sur la rive Est de l'avant-port, d'un nouveau bassin de la Marine et de plusieurs cales sèches.

Le tonnage de jauge à l'arrivée dans le port, qui était, en 1894, de 176,823 tonnes Moorsom, s'est élevé, en 1899, à 351,736 tonnes.

Le nombre des passagers entre Ostende et Douvres était tombé à 30,000 en 1886. Il s'est relevé, grâce aux améliorations apportées au service, au point de dépasser 125,000 depuis 1897.

Ostende est un port de pêche important. On y a vendu en 1899, pour 4 millions de poisson. Le commerce des huîtres y est considérable.

Coiseau et Cousin. — **Les ports de Bruges et de Heyst-Zeebrugge et le canal de Bruges à la mer.** — Bruges, qui fut au moyen âge, l'un des ports les plus importants de la Hanse, et l'une des cités les plus riches du continent, communiquait alors avec l'Océan, par un bras de mer, le Swin, dont l'ensablement progressif amena la décadence industrielle et commerciale de la ville. Depuis des siècles, il ne restait à Bruges d'autre accès à la mer que le canal d'Ostende, ayant 4 m. 30 à 4 m. 50 de mouillage et dont les ouvrages d'art mesurent 12 mètres d'ouverture.

La loi du 11 septembre 1895 a eu pour objet de remettre Bruges largement en communication avec la mer, et de lui fournir ainsi le moyen de reprendre son ancienne prospérité. Cette loi comprend l'exécution d'un port à Bruges, d'un canal maritime entre Bruges et la mer, et d'un port, dit *port à la côte* ou port de Heyst-Zeebrugge,

construit en pleine mer, devant l'embouchure du canal maritime, pour servir en même temps d'avant-port et de port d'escale.

L'ensemble des travaux s'exécute d'après le projet de MM. Coiseau et Cousin, qui en ont soumissionné la construction à forfait, pour le prix de 41,545,297 francs, à charge de les avoir terminés le 11 septembre 1903. La loi qui a décrété les travaux, a concédé l'exploitation des ports et du canal maritime, pour 75 ans, à la Compagnie des Installations maritimes de Bruges, constituée le 25 novembre 1895, au capital de 9 millions. La dépense est supportée : par l'État, pour 27/37 ; par la ville de Bruges, pour 3/37, et par les concessionnaires pour 7/37.

Port de Bruges. — Ce port comprend deux bassins parallèles séparés par un môle de 120 mètres de largeur. Le bassin de l'Ouest mesurant environ 540 mètres de longueur et 65 mètres de largeur au plafond, avec 6 m. 50 de mouillage, est bordé de perrés le long desquels on établira les appontements nécessaires. Le bassin de l'Est, bordé de quais verticaux, offrant un développement de 800 mètres, mesure 90 mètres de largeur avec 8 mètres de mouillage ; sa longueur, provisoirement limitée à 400 mètres pourra être augmentée par la suite. Les deux bassins communiquent ensemble et avec le canal maritime par un bassin d'évolution, dont le contour triangulaire est circonscrit à un cercle de 160 mètres de dimètre. Au fond du bassin de l'Ouest, s'ouvre une écluse à quadruple paire de portes, avec pont tournant sur chaque tête, faisant communiquer le port avec le canal d'Ostende et, par suite, avec tout le réseau navigable de la Belgique. Cette écluse a 12 mètres de largeur, 172 mètres de longueur totale, 97 m. 40 de longueur de sas et 4 m. 05 de mouillage sur le busc amont. Les travaux du port comprennent en outre : la construction de divers bâtiments de service, celle de 12,000 mètres carrés de magasins, l'installation des voies ferrées, de 6 grues roulantes de 1,500 kilogrammes et de l'éclairage électrique.

Canal maritime. — Longueur totale, 10,000 mètres. Largeur au plafond, 22 mètres; à la flottaison, 70 mètres; entre les crêtes des talus, 80 m. 60. Mouillage : 8 mètres, pouvant être porté à 8 m. 50. Talus inclinés à 3 de base pour 1 de hauteur, depuis le plafond jusqu'à 1 m. 50 au-dessous de la flottaison; à ce niveau, une berme de 1 m. 50, et, au-dessus, jusqu'à la crête, un talus de 2 de base pour 1 de hauteur, perreyé depuis la berme jusqu'à 1 m. 50 au-dessus de la flottaison. Chemins de halage, 10 mètres de largeur. Un pont tournant avec passe libre de 22 mètres.

Avant-port de Heyst-Zeebrugge. — L'avant-port comprend : un port extérieur, en pleine mer ; un chenal et une écluse maritime, en tête du canal maritime ; un port intérieur en amont de l'écluse; les installations et l'outillage nécessaires à l'exploitation des ports extérieur et intérieur.

Le port extérieur, d'une disposition originale et nouvelle, est situé en pleine mer, à l'abri d'un môle courbe, relié à la côte par une jetée à claire-voie, qui permet aux

sables de cheminer, sans obstacle, le long du rivage. On veut ainsi réduire les dragages au minimum, c'est-à-dire à ceux nécessaires pour l'entretien du chenal. La plage de Heyst est d'ailleurs pauvre en sable et plus raide qu'aux autres points de la côte. Les fonds de 7 à 8 mètres sous basses mers y sont à moins de 500 mètres du rivage, et l'estran n'y a que 200 mètres de largeur.

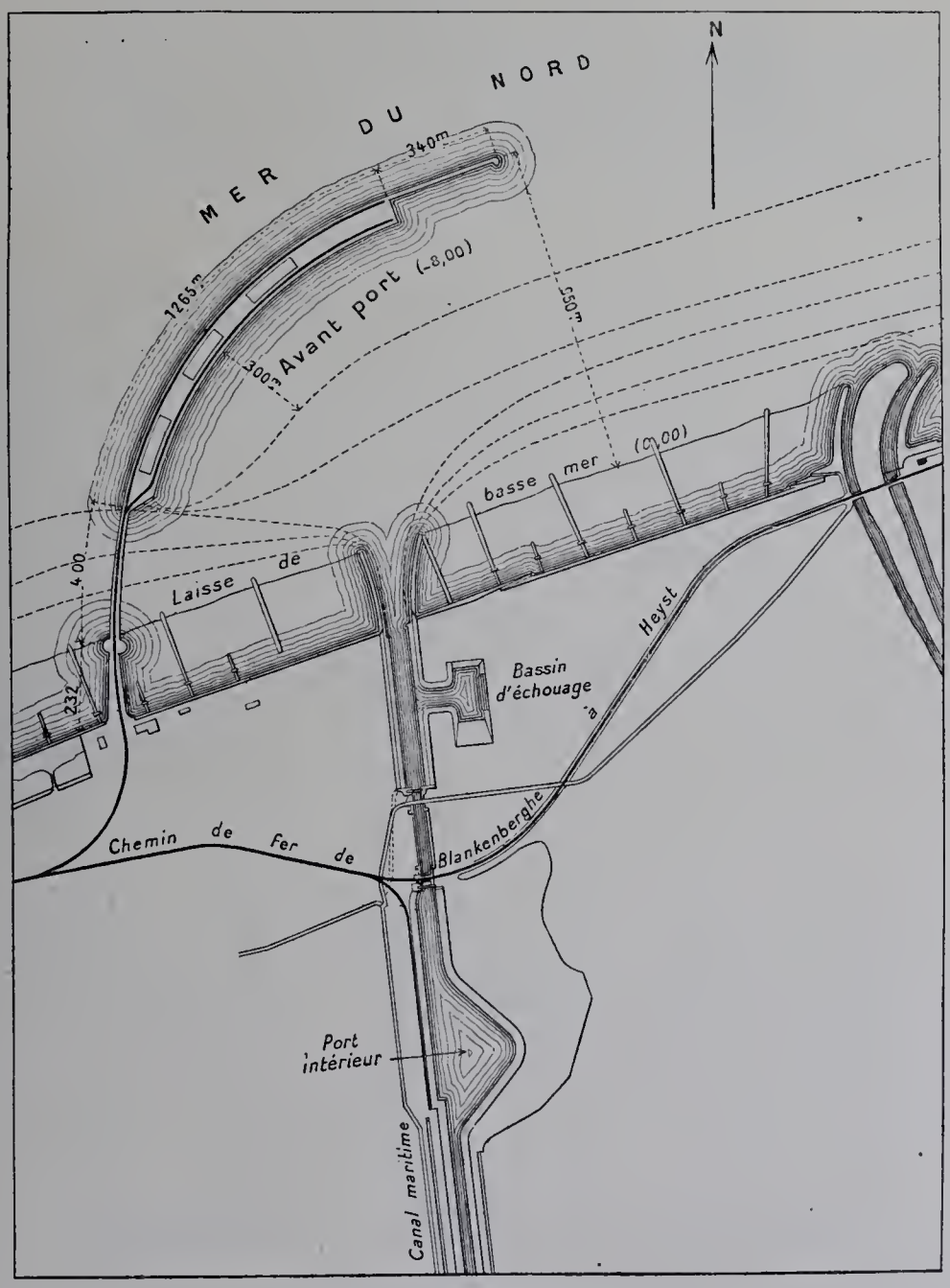


Fig. 132. — Port de Heyst.

La jetée courbe, tracée suivant des arcs de cercle de 5,000 mètres et de 1,200 mètres de rayon, tangentiellement raccordés, s'avance à 950 mètres de l'estran, au delà des fonds de 8 mètres. Elle a 2,237 mètres de développement, dont : 232 mètres de jetée pleine sur l'estran; 400 mètres de jetée métallique à claire-voie, et 1,605 mètres de jetée pleine au large.

La jetée à claire-voie, portant deux voies ferrées, est composée de 80 travées de 5 mètres, avec palées formées chacune de 6 pieux, entretoisés supérieurement par une poutre en treillis. Commencée en septembre 1898, elle a été terminée fin 1899.

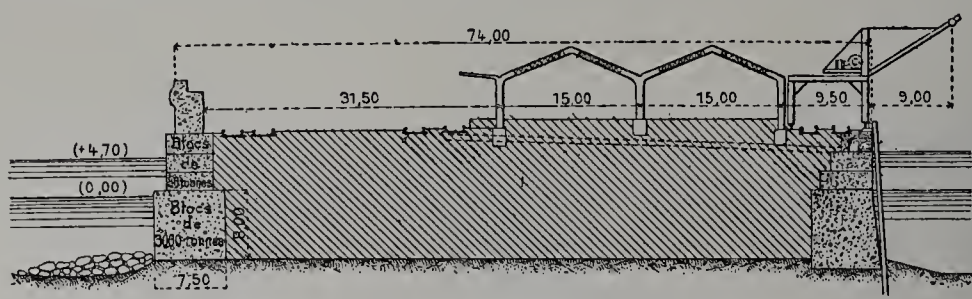


Fig. 133. — Port de Heyst. Coupe de la digue.

La jetée pleine du large, élargie par un terre-plein sur 1,265 mètres de développement, mesure 74 mètres de largeur sur cette étendue. Elle se termine, sur les 340 mètres, dirigés en ligne droite parallèlement au rivage, par un simple brise-lames de 9 mètres d'épaisseur à la base. Le parement extérieur ou mur d'abri de la jetée pleine est formé par des blocs de béton de 2,500 à 3,000 tonnes, mesurant 25 mètres de longueur, 7 m. 50 de largeur et une hauteur variable (pouvant atteindre 11 mètres) réglée de telle sorte que le dessus des blocs dépasse de 1 mètre le niveau des basses mers. Les blocs, fabriqués à terre, sont d'abord construits évidés. Un squelette en tôle mince, composé d'un fond, de quatre parois et de membrures transversales est garni ou enveloppé de béton de ciment. On obtient ainsi une carcasse flottante qu'on amène en place et qu'on échoue, par introduction d'eau, sur un fond préalablement dressé.

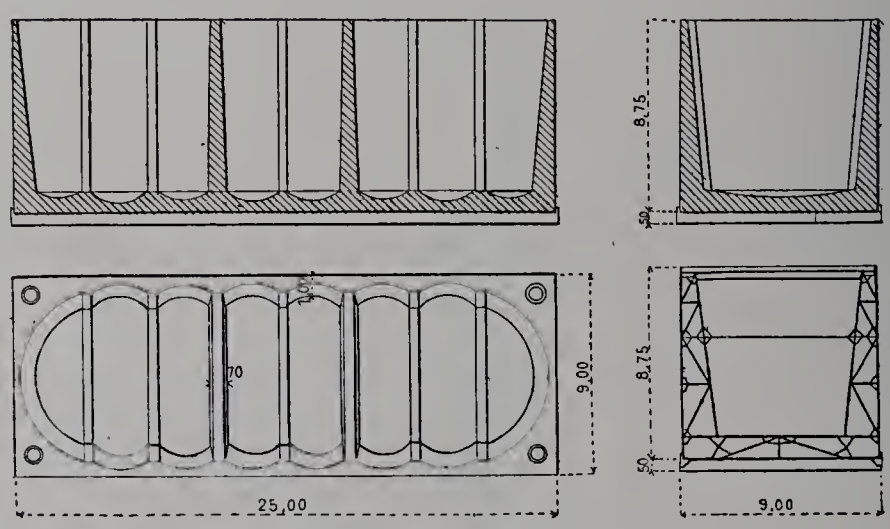


Fig. 134. — Détails des blocs-caissons.

On la remplit ensuite de béton, en usant, pour verser celui-ci, d'un titan, qui sert aussi à poser, sur les blocs de fondations, trois assises de blocs de 50 tonnes, mesurant chacune 2 mètres de hauteur, au-dessus desquelles on maçonne un mur d'abri de 4 m. 80 de hauteur. Le mur de quai, construit à 74 mètres mesurés de crête en crête,

en arrière du mur d'abri, est exécuté, comme celui-ci, en blocs de 2,500 tonnes à 3,000 tonnes, surmontés de trois assises de blocs mesurant ensemble 6 mètres de hauteur. L'espace compris entre le mur d'abri et le mur de quai est ensuite remblayé. Le pied des gros blocs du mur d'abri est protégé, du côté de la mer, par des enrochements en blocs de 300 à 1,500 kilogrammes. La fondation de la jetée et du quai comporte la mise en œuvre de 116 blocs de 3,000 tonnes.

Le mouillage de l'avant-port est de 8 mètres sous zéro, sur une largeur de 300 mètres, le long du mur de quai. Il se raccorde avec le mouillage de 6 mètres du chenal d'accès au canal maritime. Ce chenal, prolongé jusqu'à la laisse des basses mers par des jetées qui vont en s'évasant, a 750 mètres de longueur jusqu'à la laisse des hautes mers et 50 mètres de largeur au plafond. Un bassin d'échouage pour les chaloupes de pêche, mesurant 150 mètres sur 80 mètres, et susceptible d'extension, s'ouvre, à mi-longueur du chenal d'accès, sur la rive Est, par une passe de 40 mètres.

L'écluse maritime a 282 mètres de longueur totale, 256 mètres de longueur utile, entre les faces intérieures des portes roulantes, 156 mètres de longueur de sas et 20 mètres de largeur. Deux ponts tournants, l'un pour chemin de fer, l'autre pour route, sont établis sur les têtes. Elle est fondée sur un radier général de béton, entouré de palplanches. Les maçonneries sont en briques, sauf les parements, exécutés en pierres de taille ou en moellons piqués. Le sas est limité, d'un côté, par un bajoyer vertical, de l'autre côté, par un talus à 45 degrés, revêtu d'un perré maçonné. Le remplissage et la vidange s'opèrent au moyen d'aqueducs et de vannes circulaires. Les portes roulantes, d'un seul vantail, s'ouvrent en venant se loger dans des chambres ménagées transversalement sur un côté du bajoyer. Ce sont des caissons métalliques de 4 m. 50 d'épaisseur, ayant en élévation la forme d'un trapèze de 12 m. 70 de hauteur, de 24 m. 50 de longueur au bord supérieur et de 20 m. 70 de longueur au bord inférieur. Une cloison médiane horizontale sépare un compartiment étanche inférieur, convenablement lesté, d'un compartiment supérieur, où le niveau d'eau le plus élevé, tantôt celui du canal, tantôt celui de la mer, s'établit librement. La porte s'appuie d'un côté ou de l'autre, selon qu'elle fonctionne comme porte d'èbe ou comme porte de flot. Elle roule, pour s'ouvrir ou pour se fermer, sur quatre paires de galets disposés, deux paires par deux paires, dans deux chambres basses, qui sont formées, moitié par l'enclave existant dans le radier pour contenir le pied de la porte, et moitié par des cavités ménagées au-dessus des galets dans le fond de cette porte. En refoulant de l'air dans ces chambres, auxquelles on accède par des cheminées d'homme avec sas à air, on les vide et on peut visiter et réparer au besoin les galets et le radier Le poids de chaque porte est de 200 tonnes. Le poids du lest, égal à 279 tonnes, dépasse de 50 tonnes le poids de l'eau déplacée par le compartiment étanche. Les portes se manœuvrent électriquement.

L'écluse tout entière, portes comprises, complètement exécutée en trois années, a été terminée en octobre 1899. Elle a coûté 2,300,000 francs.

En amont de l'écluse, le canal s'élargit, avec 50 mètres en plafond sur 660 mètres

IMPRIMERIE NATIONALE.

de longueur, pour former, sur la rive gauche, le *port intérieur*. De l'autre côté se trouve un bassin d'évolution, ayant la forme d'un triangle circonscrit à un cercle de 220 mètres de diamètre. De vastes espaces sont ménagés de part et d'autre, en vue d'extensions futures.

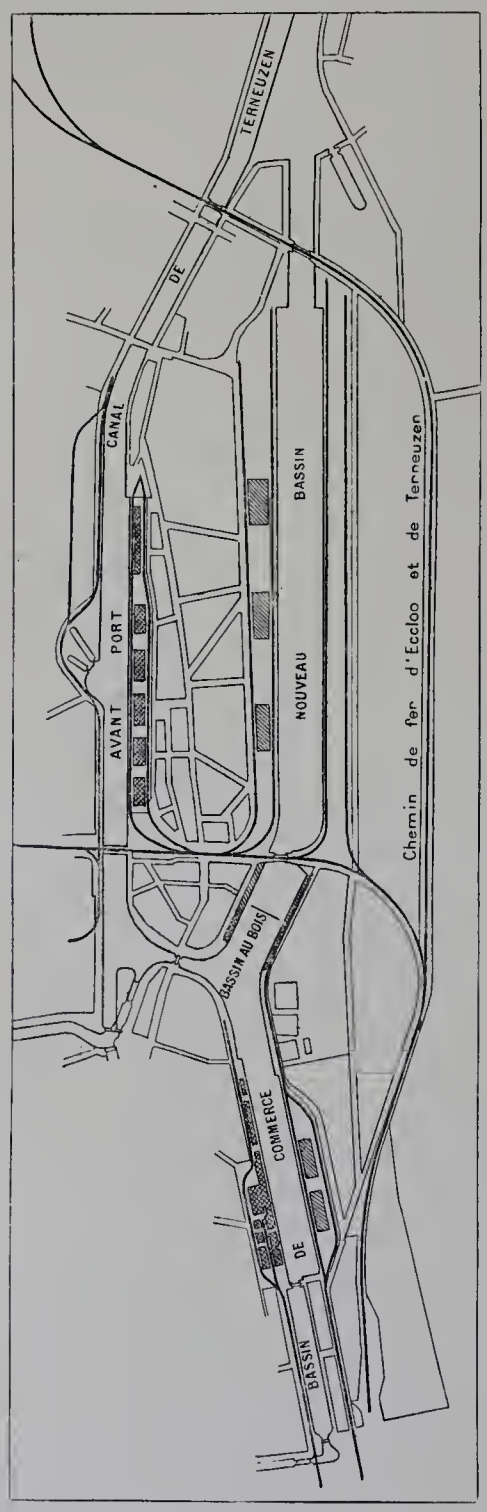


Fig. 135. — Port de Gand.

Sur le terre-plein de la digue du large, seront établis trois hangars de 175 mètres de longueur et de 30 mètres de largeur, avec quais à la hauteur de la plate-forme des wagons. L'outillage comprend : une usine électrique, 8 grues roulantes à portique, 10 cabestans, une bigue flottante de 50 tonnes, une drague marine à godets, une drague marine à succion.

Collaborateurs principaux : MM. E. Cousin, directeur des travaux; E. Henry, chef du bureau technique; A. Springael, ingénieur des travaux.

Ville de Gand. — **Port de Gand, canal de Gand à Terneuzen.** — Gand, situé au confluent de l'Escaut et de la Lys, navigables sur toute leur étendue, est relié directement à l'Escaut maritime par le canal de Terneuzen, ouvert une première fois en 1547, abandonné depuis 1648, creusé de nouveau à partir de 1823 et situé, depuis 1830, partie en Belgique et partie en Hollande. De 1870 à 1881, on l'a approfondi et élargi en même temps qu'on agrandissait et qu'on outillait le port de Gand.

Le trafic de ce port a rapidement progressé. Le tonnage de jauge des navires de mer à l'arrivée a passé de 254,094 tonnes Moorson, en 1884, à 427,351 tonnes, en 1890, pour atteindre 633,734 tonnes, en 1898. Le tonnage moyen des navires a plus que doublé; il est monté de 320 tonnes, en 1884, à 634 tonnes, en 1898.

Pour suivre ces progrès, on exécute de nouveaux travaux à la charge de la Belgique, en suite d'une convention passée le 29 juin 1895 entre la Hollande et la Belgique. La longueur du canal, qui était de 34,716 mètres, est réduite, par deux coupures, à 32,824 mètres. Le mouillage est porté de 6 m. 05 à 8 m. 05, et la largeur au plafond de 17 mètres à 19 m. 50. L'écluse sas de Gand reçoit 140 mètres de longueur entre les parois intérieures des têtes et 21 mètres

d'ouverture. L'écluse Terneuzen reçoit même longueur avec 15 m. 75 d'ouverture. Les travaux, auxquels la ville de Gand contribue pour une somme de 4,714,000 francs, sont entamés et doivent être terminés dans un délai de trois ou quatre ans.

Le port de Gand comprend actuellement 4 bassins : le bassin du Commerce, le bassin au Bois, le bassin du Tolhuis et le bassin de l'Avant-Port, d'environ 3,300 mètres de longueur totale et de 90 à 120 mètres de largeur, mesurant ensemble 30 hectares de superficie, avec 4,405 mètres de quais verticaux, 1,860 mètres de talus accostables, 2 hectares de hangars-abris, 2 hectares de magasins à étages et 1 entrepôt à 4 étages, occupant 2,560 mètres carrés. L'outillage actuel doit être considéré comme provisoire. Il sera augmenté et perfectionné après l'installation d'une force motrice centrale, probablement électrique.

Le projet d'agrandissement du port, qui doit être réalisé à bref délai, comprend le creusement, parallèlement à l'avant-port, en prolongement du bassin au Bois, d'un nouveau bassin de 1,350 mètres de longueur, 150 mètres de largeur et 8 mètres de tirant d'eau, pourvu, de chaque côté, de terre-pleins de 60 à 80 mètres de largeur, avec voies ferrées et magasins. On obtiendra ainsi une vaste nappe d'eau de 20 hectares de superficie, qui portera à 50 hectares les surfaces d'eau du port de Gand. Les travaux à faire dès le début : creusement du bassin et construction des murs de quai de la rive gauche, occasionneront une dépense de 4,500,000 francs.

Société anonyme du canal et des installations maritimes de Bruxelles. — Comme Bruges et comme Gand, Bruxelles veut aussi devenir un port de mer accessible aux grands navires du commerce.

Le canal maritime actuel mesure 28 kilomètres depuis le pont Léopold à Bruxelles jusqu'à son embouchure dans le Rupel, à 4.5 kilomètres du confluent de ce cours d'eau avec l'Escaut (confluent situé à 13.6 kilomètres en amont d'Anvers). Ce canal a de 22 à 55 mètres de largeur à la flottaison avec 3 m. 20 de mouillage. La longueur utile des écluses est de 54 mètres pour les trois écluses intermédiaires et de 39 mètres seulement pour l'écluse d'accès au Rupel. Les bassins existant à Bruxelles sont au nombre de cinq, mesurant 4.5 hectares de superficie avec 2,650 mètres de quais.

Le trafic du canal ne cesse de grandir. Il a passé, depuis 1893 jusqu'à 1899, descente et remonte réunies, de 1,233,175 tonnes à 1,618,884 tonnes, pour la navigation intérieure, et de 99,370 tonnes à 188,883 tonnes, pour la navigation maritime. Le produit des droits de navigation est monté, dans le même intervalle, de 346,535 francs à 478,583 francs, et la recette générale s'est élevée de 471,213 francs à 704,522 francs, avec une augmentation de près de 50 p. 0/0. De tels accroissements de trafic, survenus en dépit de l'insuffisance des conditions de transport, appelaient une sérieuse réforme de ces conditions. C'est à quoi ont pourvu les lois des 11 septembre 1895 et 19 août 1897, ainsi que la constitution d'une société anonyme, formée pour 90 ans, par l'État, la province de Brabant, la ville de Bruxelles, les communes-faubourgs de Bruxelles et la ville de Vilvorde. Cette société a pour objet d'améliorer et d'exploiter le

canal du Rupel et le port de Bruxelles conformément aux stipulations des lois précitées.

Le canal, transformé en canal maritime, recevra provisoirement une largeur au plafond de 18 mètres et un mouillage de 5 m. 50, qui seront portés ultérieurement à 20 mètres et à 6 m. 50. Les largeurs à la flottaison varieront de 40 à 60 mètres; les berges seront défendues par des revêtements maçonnés. Il y aura 4 écluses offrant 114 mètres de longueur utile, 16 mètres de largeur et 7 m. 50 de tirant d'eau sur les buses.

Les ponts mobiles, basculants ou tournants, auront des passes de 18 mètres avec 4 mètres de tirant d'air, portés à 6 m. 50 pour les ponts de chemins de fer les plus importants.

Le nouveau port de Bruxelles comprendra un bassin maritime de 900 mètres de longueur, 120 mètres de largeur et 5 m. 50 de mouillage, mesurant 11.5 hectares de superficie, avec 1,700 mètres de quais, bordés de terre-pleins de 53 et de 75 mètres de largeur, avec voies ferrées, hangars, grues, cabestans, etc... Le nouveau bassin maritime sera raccordé au canal de Charleroi par un bassin de batelage, mesurant 700 mètres de longueur et 42 m. 50 de largeur moyenne, pourvu de quais bien outillés. La plupart des anciens bassins seront comblés. En dehors de Bruxelles, dans les plaines de Mon-Plaisir et contre la gare de Schaerbeck, sera créé un avant-port, ayant 6 m. 50 de mouillage, 110 mètres de largeur et 2,000 mètres de quais, accostables aux navires, avec terre-pleins de 110 mètres et outillage complet.

Les travaux sont en cours d'exécution. Un premier lot, comprenant le bassin de batelage, le bassin maritime sans l'outillage et le premier lot du canal à partir de Bruxelles, a été adjugé en 1900, au prix de 14,291,547 francs, avec délai d'exécution de 56 mois. On prévoit l'achèvement des travaux pour 1905.

Ville d'Anvers. — **Bassins et installations maritimes.** — Le port d'Anvers comprend les bassins, propriété de la ville et exploités par elle, construits successivement à partir du commencement du siècle, et les quais de l'Escaut, ancien port d'Anvers, aménagés par l'État, outillés par la ville et exploités par celle-ci, moyennant répartition de la recette au prorata de la dépense faite par chacun des intéressés.

Les bassins maritimes occupent à présent 64.3 hectares; ils sont bordés de 7,500 mètres de quais verticaux, de 2,700 mètres de talus perreyés et de 1,160 mètres d'appontements en charpente. La surface des hangars atteint 16 hectares. Il y a sur les quais 64 grues mobiles et des engins fixes de forte puissance, une bigue de 120 tonnes, 2 grues de 40 tonnes, une de 10 tonnes, etc... Ces engins, ainsi que les cabestans destinés à la manœuvre des navires, des ponts tournants et des portes d'écluses, sont mus par l'eau comprimée à 50 atmosphères.

Les bassins communiquent avec l'Escaut par deux écluses, offrant sur leurs buses des tirants d'eau de 6 m. 89 et de 7 m. 43 à haute mer ordinaire. Le plan d'eau est maintenu, dans les bassins, à environ 0 m. 30 au-dessous de ce niveau.

Il existe six formes de radoub, dont la plus grande peut recevoir des navires de 155 mètres. Le remorquage dans les bassins est fait par des bateaux à vapeur dont quatre ont été construits pour servir de brise-glaces en hiver. A cet effet, on les leste à l'arrière de manière que l'avant monte sur la glace et la brise par son poids. Deux dragues à godets sont employées à l'enlèvement des vases, dont le dépôt annuel atteint en moyenne 1 m. 40 dans les chenaux, 0 m. 95 dans les bassins-sas des écluses et 0 m. 10 dans les bassins.

La navigation intérieure est extrêmement importante. Elle occupe en grande partie et encombre souvent les bassins. Ceux-ci contiennent ordinairement 250 navires de mer et plus de 1,200 bateaux d'intérieur. Il existe, au sud de la ville, trois bassins spécialement affectés à la petite navigation; ils ont 6 hectares de superficie et 2,740 m. de quais.

Divers agrandissements et améliorations, exigés par les besoins sans cesse croissants du commerce, et notamment la construction d'une troisième écluse, venaient d'être entrepris quand de nouveaux projets, la construction des quais de l'Escaut, d'une part, et, d'autre part, le recul de l'enceinte fortifiée permettant l'exécution de 25 hectares de nouveaux bassins, ont fait suspendre la continuation de ces travaux.

Les quais de l'Escaut s'étendent sur une longueur de 3,500 mètres avec un mouillage de 8 mètres à mer basse et de 12 m. 20 à haute mer. Il y existe 10 hectares de hangars et 85 grues à portique de 1,500 à 2,000 kilogrammes.

On achève d'exécuter, à l'amont des quais existants, 2,000 mètres de nouveaux quais, dont la construction a été précédemment décrite (*France, Constructeurs, Hersent*, p. 98) et qui doivent être terminés en 1901.

Enfin, il est question de redresser par une coupure le coude de l'Escaut situé à l'aval de la ville et d'étendre les quais de ce côté. Les avis des ingénieurs les plus compétents sont partagés sur le mérite de cette opération. Les uns l'approuvent, d'autres craignent qu'elle n'apporte de fâcheux changements dans le régime du fleuve.

L'extension du port d'Anvers a accompagné l'accroissement de son trafic, qui a été très considérable et très rapide dans le dernier quart de siècle. Le tonnage des navires de mer à l'entrée, exprimé en tonnes Moorson, s'est élevé de 4,600,914, en 1890, à 6,482,163, en 1899, et le trafic maritime total, exprimé en tonnes de 1,000 kilogr., a atteint, en 1898, 7,218,463 tonnes. Le tonnage, presque aussi considérable, de la navigation intérieure, a passé de 2,774,586 tonnes, en 1890, à 5,887,599 tonnes, en 1899.

Collaborateurs principaux : MM. Royers, directeur des travaux du port; de Winter et Le Paige, ingénieurs.

Vierendeel, à Bruges. — **Nouveau système de ponts métalliques.** — Le type auquel est arrivé définitivement M. Vierendeel consiste en poutres droites dont les semelles sont réunies ensemble seulement par des montants. On supprime les diagonales. Les compartiments, à peu près carrés, sont arrondis dans les angles par d'amples congés,

afin de raidir le système. Dans le même but, le contour intérieur des compartiments est bordé de cornières. Tandis que la plupart des constructeurs tendent à employer autant que possible les assemblages articulés ou flexibles, M. Vierendeel préconise les assemblages à nœuds rigides, appliqués au dispositif le plus simple. Un pont de son système, constitué par deux poutres de 31 m. 50 de portée et de 3 mètres de hauteur, espacées de 3 mètres d'axe en axe et entretoisées haut et bas l'une avec l'autre, a été expérimenté, en 1897, à l'Exposition de Bruxelles. Les résultats des expériences ont été diversement appréciés.

BOSNIE-HERZÉGOVINE.

Département des travaux publics, à Sarajevo. — **Plans de routes, de voies publiques, de ponts, etc.** — Avant l'occupation autrichienne en 1879, la viabilité était dans l'état le plus rudimentaire. Il n'existait pas de routes; les transports commerciaux se faisaient à dos d'animaux. Il y a maintenant 2,012 kilomètres de routes principales à 5 mètres de largeur et 5 p. 100 de déclivité maximum, 1,779 kilomètres de routes secondaires à 4 mètres de largeur et 8 p. 100 de déclivité maximum, 2,394 kilom. de chemins pour cavaliers à 2 m. 50 de largeur et 15 p. 100 de déclivité maximum. Les ponts, très rares, étaient des ouvrages anciens, étroits, à fortes pentes; on traversait à gué les cours d'eau. Depuis 1882, on a construit 88 grands ponts en maçonnerie ou à travées métalliques (ces dernières mesurant jusqu'à 55 mètres), dont la longueur cumulée atteint 5,900 mètres.

En fait de chemins de fer, il n'existait, avant 1879, qu'un tronçon amorcé entre Doberlin et Banjaluka, d'une ligne dirigée vers Salonique; encore n'était-il plus exploité depuis 1875 faute de rendement. La première ligne construite a été celle qui, non sans détours causés par les difficultés du terrain, traverse tout le pays du nord au sud. On l'a exécutée d'abord en manière de ligne stratégique, de Brod, sur la Save, où elle se lie au réseau austro-hongrois, à Sarajevo, la capitale de la Bosnie; et pour l'établir plus promptement on y a employé la voie de 0 m. 76, dont l'entrepreneur des travaux possédait le matériel. Puis on l'a prolongée par Mostar, capitale de l'Herzégovine, jusqu'à la frontière dalmate, auprès de l'Adriatique. Les accidents du sol sont tels dans la dernière partie du tracé, qu'il a fallu adopter une traction mixte, tantôt par crémaillère, tantôt par adhérence. Enfin deux embranchements ont été dirigés du tronc central : l'un au nord-ouest, sur Jajce, d'où on le prolongera jusqu'à Banjaluka; l'autre au sud-est, sur les bouches de Cattaro. De nouvelles entreprises sont en préparation. Tel qu'il existe, le réseau bosniaque-herzégovinien compte près de 900 kilomètres en exploitation. C'est grâce à l'emploi de la voie étroite que, dans une contrée aussi mouvementée, on est parvenu, avec de modiques ressources, à constituer un réseau de cette étendue.

La Drina a été améliorée sur une soixantaine de kilomètres, depuis Zvornik jusqu'à son confluent avec la Save, de manière à offrir un tirant d'eau minimum de 0 m. 80. La navigation à vapeur y fonctionne depuis 1895. On a régularisé le cours de la Miljacka dans la traversée de Sarajevo et exécuté sur divers points des travaux de desséchement et d'irrigation ainsi que d'adduction d'eau et d'assainissement. D'autres travaux hydrauliques sont en préparation. Pour les mener à bien on a institué, depuis 1886, un service hydrographique comprenant 95 stations, où l'on fait des observations hydrométriques quotidiennes. Tous les travaux s'exécutent sur les ressources du pays. L'État est autonome et il n'a pas de dettes.

Collaborateurs principaux : MM. Stix, chef du Département des travaux publics; Kalmann, conseiller supérieur des travaux publics, et Ph. Baliff, conseiller technique.

BULGARIE.

Ministère des travaux publics, à Sofia. — **Voies et communications.** — Le développement économique du pays date d'il y a quinze ans (1885). La Bulgarie occupe une situation des plus avantageuses. Elle est traversée par les lignes qui, d'une part, relient Constantinople, et qui, d'autre part, relieront Salonique avec les grands États européens. La ligne de Constantinople (359 kilomètres) par Tzaribrod, Sofia, Philippopoli, Tirnovo, Andrinople, fonctionne depuis 1888. Elle détache, de Tirnovo, un embranchement (215 kilomètres) sur le port de Bourgas. Ces deux lignes sont situées au sud de la chaîne des Balkans, qui court de l'Ouest à l'Est, divisant la Bulgarie en deux versants. La difficulté est d'établir des lignes transversales franchissant cette chaîne de montagnes. Il y existe, fait assez rare, une coupure naturelle. L'Isker, qui coule à Sofia, traverse les Balkans pour se jeter dans le Danube. On en a profité pour faire passer, à côté du cours d'eau, le chemin de fer (462 kilomètres) qui rejoint, près de Choumla, la ligne allant de Rouchtchouck, sur le Danube, à Varna, sur la mer Noire (224 kilomètres). Une seconde traversée des Balkans est à l'étude pour l'établissement d'une ligne reliant, du sud au nord, Tirnovo à Rouchtchouck.

Il n'existe, au sud de la grande ligne de Constantinople, qu'un tronçon de 50 kilomètres unissant Sofia à Radomir, d'où on rejoindra, par Kustendil, la ligne de Nich à Salonique, en attendant qu'on gagne directement cette ville depuis Radomir.

L'ensemble des lignes exploitées aujourd'hui monte ainsi à 1,310 kilomètres, dont plus de 1,000 kilomètres ont été livrés depuis quinze ans. En somme, le réseau bulgare a été judicieusement tracé pour satisfaire tant aux besoins internationaux qu'à ceux du pays.

Collaborateurs principaux : MM. S. Boyadjiev, ingénieur en chef de la Section des ponts et chaussées; S. Saraphov, ingénieur, inspecteur près la Section des ponts et chaussées; L. Voultchev, ingénieur, secrétaire général du Ministère; F. Fridrich, ingénieur départemental; I. Hadjenov, entrepreneur de la ligne Sofia-Roman; M. Momtchilov, ingénieur civil, ancien directeur de la même ligne.

DANEMARK.

Société du port-franc de Copenhague. — Le port-franc de Copenhague, situé au nord de la ville, à l'extrémité du large chenal constituant l'ancien port, a été exécuté en vertu de la loi du 31 mars 1891 et ouvert à l'exploitation le 9 novembre 1894. Les ouvrages du port : jetées, brise-lames, bassins, quais, entrepôts, chaussées, ainsi que la clôture douanière, ont été construits par la Direction du port, c'est-à-dire par le corps constitué administrant l'ancien port. L'outillage : hangars, magasins, voies ferrées, appareils de manutention, a été fourni par la Société du port-franc. Celle-ci est chargée, sous l'autorité du Ministre de l'intérieur, de l'exploitation, dont elle partage le bénéfice avec la Direction du port. La dépense totale de construction et d'outillage s'est élevée à environ 30 millions de francs.

Les motifs de la création du port-franc ont été : l'insuffisance de l'ancien port, et surtout la crainte de voir le commerce de la ville décliner par suite de l'ouverture du canal de Kiel. On a voulu, pour prévenir ce malheur, former un nouveau port, assez profond pour recevoir les plus grands navires, et pourvu de larges terre-pleins, de spacieux abris et de l'outillage le plus perfectionné.

Ce port, abrité au nord par un brise-lames, comprend quatre bassins occupant une surface d'environ 60 hectares, avec près de 4 kilomètres de murs de quai. Le mouillage y varie de 24 à 30 pieds danois, c'est-à-dire de 7 m. 50 à 9 m. 40.

A l'angle du terre-plein compris entre le bassin central et le bassin de l'ouest, et dirigés suivant la passe d'accès à ces bassins, sont établis deux embarcadères pour les ferry-boats transportant les trains à voie normale du continent en Suède et en Norvège. Les navires employés, symétriques par rapport au plan transversal médian, sont à double gouvernail et à double hélice. Ils sont de deux types. Les plus petits, qui sont les plus anciens (1883), mesurant 54 mètres de longueur, avec voie unique sur le pont, peuvent porter six wagons à marchandises chargés à 10 tonnes. Les plus grands (1895), mesurant 83 m. 50 de longueur, avec double voie, peuvent recevoir 18 wagons à marchandises chargés à 10 tonnes. Le navire se loge exactement dans l'embarcadère, et le train y accède par un pont mobile en fer de 17 m. 70 de longueur, articulé sur le rivage, et qui s'ajuste, par l'autre extrémité, sur l'arrière du navire.

Le ciment armé a été largement employé dans les ouvrages du port de Copenhague. Dans les murs de quai sur pilotis élevés, les pieux arasés à 1 m. 14 au-dessous du niveau ordinaire des eaux, sont protégés, contre les tarets, par un revêtement extérieur en ciment armé. Les blocs du brise-lames sont des blocs de béton creux, dont les cloisons transversales sont formées par deux plaques de ciment armé de 0 m. 06 d'épaisseur, écartées l'une de l'autre de 1 m. 40. Les blocs mis en place, on remplit les vides intérieurs. La longueur de chaque bloc étant de 2 m. 51, tandis que l'écar-

tement des plaques de ciment n'est que de 1 m. 40, il reste à chaque bout un espace vide, auquel correspond, dans le bloc contigu, un vide pareil. Des prismes en béton, remplissant ces vides, rendent solidaires l'un de l'autre les blocs d'une même assise.

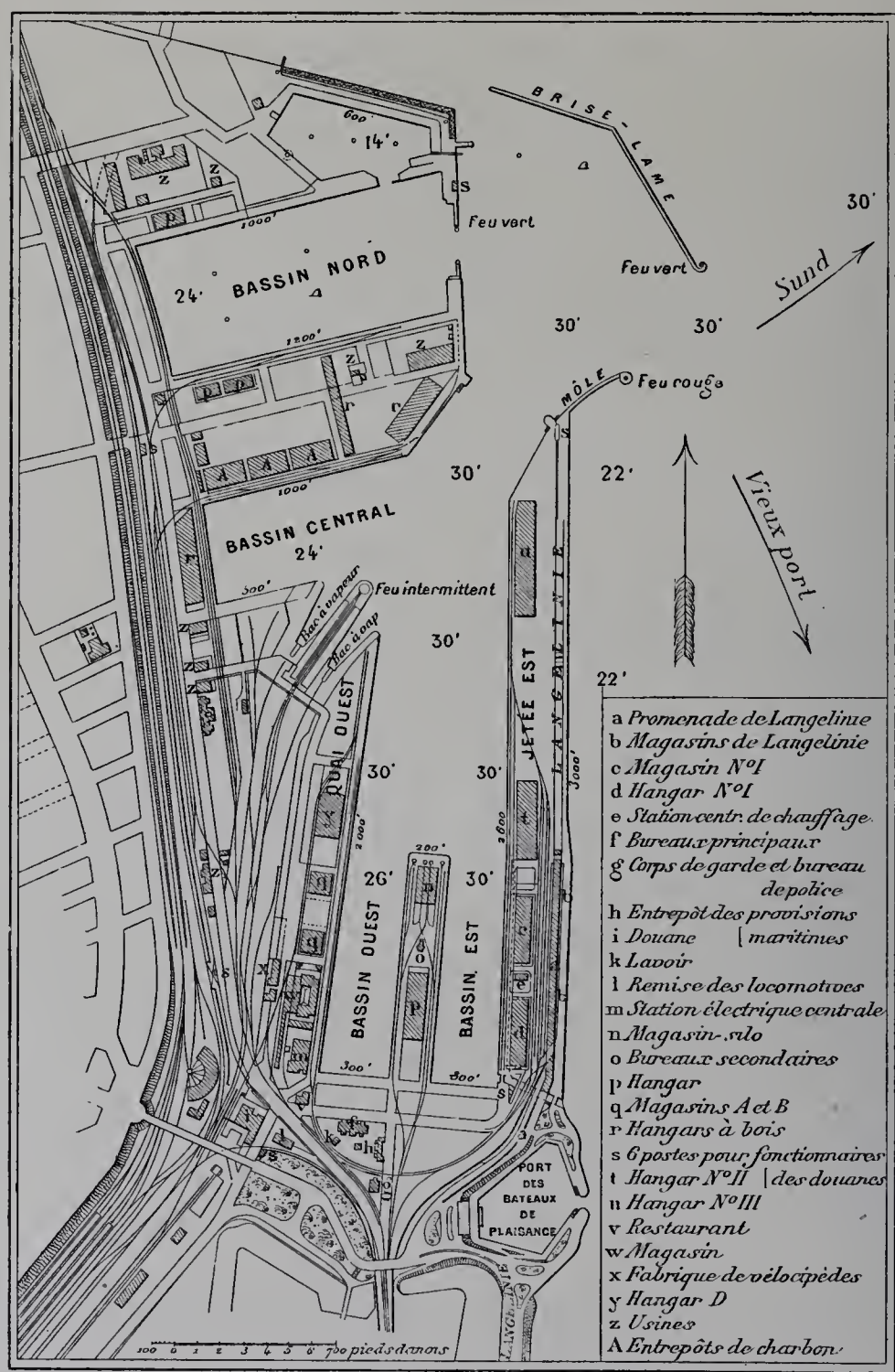


Fig. 136. — Le port-franc de Copenhague.

On a soin d'établir ces prismes de telle sorte que leur dessus reste à un pied (0 m. 31) au-dessous du sommet des blocs, afin de lier aussi l'une avec l'autre les assises superposées.

Le mouvement de la navigation dans le port de Copenhague, y compris le port-franc, a été, en 1898, de 6,679,000 tonnes de jauge avec 18,220 navires à l'entrée et 18,866 navires à la sortie. En 1899, le tonnage de jauge s'est élevé à 7,188,000 tonnes.

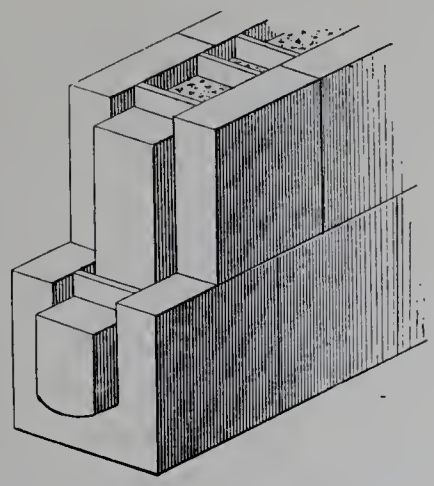


Fig. 137. — Blocs avec cloisons en ciment armé.

Dans le port-franc, le tonnage de jauge à l'entrée a passé de 322,599 tonnes, en 1896, avec 2,555 navires, à 808,981 tonnes, en 1899, avec 4,075 navires; et le trafic total du port-franc, en tonnes de 1,000 kilogrammes, a passé de 299,000 tonnes, en 1896, à 621,000 tonnes, en 1899.

Titan (Société anonyme Koefoed, Hauberg, Malstrand et Helweg), à Copenhague. — **Dessins de constructions mécaniques pour déchargement, transport et emmagasinage du charbon** (système Hunt). — Nous avons déjà eu l'occasion de rendre compte d'appareils de ce système. (Allemagne, Pohlig, *Appareils de déchargement*, p. 196.)

ESPAGNE.

L'Espagne aurait pu faire de ses travaux publics une exposition considérable. Son réseau de chemins de fer, porté de 9,678 kilomètres à 13,281 kilomètres depuis le 31 décembre 1889, jusqu'au 31 décembre 1899, a gagné ainsi 3,603 kilomètres qui, exécutés pour une grande part dans des régions accidentées, comportent d'importants ouvrages d'art. Elle a fait, dans plusieurs de ses ports maritimes, de grands et remarquables travaux. Ceux du port de Bilbao retiennent l'attention des ingénieurs du monde entier. Ceux du port de Valence, dont nous avons eu l'occasion de parler (France : Constructeurs, Daydé et Pillé, *Digues extérieures du port de Valence*, p. 93), offrent aussi beaucoup d'intérêt. Les embarcadères cantilever de la côte cantabrique, entre Santander et Bilbao, fournissent une intéressante solution de l'embarquement, à proximité de la mine, de grandes masses de minerais destinés à l'étranger. Rappelons aussi la construction de quelques notables réservoirs destinés à l'irrigation. Celui de Puentès (Murcie) est fermé par une digue en maçonnerie de 48 mètres d'élévation, qui remplace la digue, construite à la fin du siècle dernier, dont la rupture, au 30 avril 1802, fit périr 608 personnes et causa pour 21 millions de dommages. Aucun de ces travaux n'est malheureusement exposé. L'exposition espagnole de la Classe 29 se réduit à quelques objets présentés par des particuliers.

Garcia Faria (Pedro), à Barcelone. — **Projets de canaux, voies électriques, etc.** — Parmi les projets exposés par M. Garcia Faria, nous donnerons une mention spéciale au projet d'assainissement de Carthagène. Les conditions sanitaires de la ville sont déplorables. La durée de la vie moyenne, de 1884 à 1894, a été seulement de 23 ans. Le paludisme produit par les alluvions vaseuses de la plaine voisine, l'infection du sous-sol, l'insuffisance de l'approvisionnement en eaux potables, l'agglomération excessive de la population dans certains quartiers, multiplient les cas de fièvre paludéenne et de tuberculose. Le projet de M. Garcia Faria et de ses collaborateurs comporte un plan d'agrandissement avec de vastes chaussées plantées d'arbres, et un assainissement complet des divers quartiers.

Collaborateur principal : M. A. Garcia Faria.

Palacio (A. de), à Madrid. — **Pont volant de Portugalete (Bilbao).** — Il s'agit du transbordeur de Bilbao. Chargé d'établir un passage sur la rivière de Bilbao, M. de Palacio avait d'abord pensé à faire usage, comme à Saint-Malo, d'un chariot roulant sur un chemin disposé au fond de la mer, et monté sur un bâti à claire-voie, très léger, n'offrant pas de résistance aux vagues. Mais, la violence de la mer ne permettant pas l'emploi d'un chemin de roulement inférieur, on fut conduit à chercher la solution du problème dans l'établissement d'un chemin supérieur; et cette idée, proposée à

M. Arnodin, amena l'invention du transbordeur, dont le prototype fut, en 1893, mis en service à Bilbao. (Voir *France, Constructeurs, Arnodin*, p. 84.)

Association des ingénieurs industriels, à Barcelone. — **Travaux des associés et « Revue ».** — La *Revue*, qui rend compte des travaux des associés, est une publication technologique et industrielle, peu volumineuse, mais sérieuse et bien faite.

ÉTATS-UNIS.

La prodigieuse prospérité économique des États-Unis est en relation directe avec le développement incomparable donné aux voies de communication. Depuis 1848, sauf pendant la période décennale de 1858 à 1868, au cours de laquelle eut lieu la guerre de Sécession, la construction des chemins de fer a marché à pas de géant. De 9,648 kilomètres exploités en 1848, le réseau est passé :

à 43,392 kilomètres en 1858, gagnant 33,744 kilomètres;
à 67,946 kilomètres en 1868, gagnant 24,554 kilomètres;
à 131,682 kilomètres en 1878, gagnant 63,736 kilomètres;
à 251,292 kilomètres en 1888, gagnant 119,610 kilomètres;
à 296,745 kilomètres en 1897, gagnant 45,453 kilomètres.

Tout le territoire de l'Union est maintenant, d'un Océan à l'autre, sillonné de chemins de fer. On avait marché si vite, de 1868 à 1888, que la majeure partie des besoins étant satisfaits, il s'en est suivi, durant la dernière période décennale, un ralentissement notable dans la construction des voies ferrées. Ce ralentissement s'est surtout fait sentir dans les quatre dernières années, pendant lesquelles le réseau des États-Unis, passant de 286,183 kilomètres en 1893 à 296,745 kilomètres à la fin de 1897, a gagné seulement 10,562 kilomètres, tandis que les chemins de fer de l'Europe, qui étaient et sont encore en retard dans quelques États, passaient, dans le même intervalle, de 238,606 à 263,145 kilomètres, gagnant ainsi 24,539 kilomètres.

Le développement des chemins de fer n'a pas préjudicié à celui des voies navigables, tant intérieures que maritimes. Le Mississipi et ses principaux affluents, qui constituent dans la région centrale des États-Unis, avec plus de 25,000 kilomètres de voies navigables, le plus puissant réseau de transport fluvial qui existe au monde, sont endigués, régularisés et approfondis au mieux des besoins de la navigation et au grand profit de l'agriculture. Dès 1825, le bassin des grands lacs était relié, par le canal Erié, à la rivière Hudson et à New-York. Canal et rivière desservent un trafic des plus actifs, qui surpasse même celui du grand port maritime de New-York. Aussi vient-on d'entreprendre sur le canal Erié, ainsi que sur les canaux Oswego et Champlain, qui le relient au lac Ontario et au lac Champlain, de grands travaux d'amélioration pour porter à 67 mètres la longueur des écluses et à plus de 2 mètres le tirant d'eau.

Les ports des États-Unis sont pour la plupart, grâce aux profonds estuaires ou aux échancrures des côtes, des ports de marée naturels, dans lesquels il suffit de construire des quais et des môles et d'accroître ou d'entretenir la profondeur par des dragages.

La nécessité de faire franchir aux chemins de fer, soit de hautes montagnes, soit de larges cours d'eau, à fond mobile, sujets à des crues formidables, a entraîné l'exécution d'un grand nombre de très importants ouvrages d'art. Ces ouvrages, et notamment les grands ponts, qui existent à l'état d'exception, dans les autres pays, sont, en Amérique,

d'un usage courant. Il a fallu, dès lors, pouvoir les construire expéditivement. Ingénieurs et industriels ont amplement pourvu à ce besoin, comme le démontre un très intéressant album exposé dans la section des États-Unis, et qui appartient aujourd'hui à la bibliothèque de l'École des ponts et chaussées, grâce à la libéralité de son auteur, M. l'ingénieur Morison. Celui-ci a réuni, dans l'album en question, les dessins d'ensemble et de détail; ainsi que tous les renseignements historiques, techniques, statistiques et financiers, relatifs à la construction de dix très grands ponts, à supports maçonnés et superstructure métallique, dont il a, comme ingénieur en chef, dressé les projets et dirigé l'exécution complète, de 1879 à 1893. Ce sont tous des ponts de chemins de fer. Huit d'entre eux, les ponts de Plattsmouth, Bismarck, Blair-Crossing, New-Omaha, Rulo, Sioux-City, Nebraska-City et Bellefontaine, franchissent le Missouri. Le pont de Cairo traverse l'Ohio, et celui de Memphis le Mississipi. Ce dernier, construit de 1888 à 1892, dans le système des poutres cantilever, franchit le fleuve avec deux travées de 189 m. 30 et une travée de 241 mètres, la plus grande qui existe au monde en dehors de celles appartenant au pont du Forth et à des ponts suspendus. Les neuf autres ponts sont formés, suivant le type habituel des ponts américains, par une succession de poutres droites, articulées, à grandes mailles, indépendantes l'une de l'autre, franchissant le lit moyen du cours d'eau, avec des portées de 115 à 135 mètres (160 mètres pour le pont de Cairo), et continuées, tantôt sur l'une ou l'autre rive, tantôt sur les deux rives, dans l'étendue noyée par les crues, par des viaducs métalliques à médiocres ou à petites travées. Les poutres principales sont du système Linville. Les piles en rivière sont fondées pneumatiquement sur des caissons en bois, à des profondeurs au-dessous des hautes eaux qui varient de 18 à 30 et même à 40 mètres. Les crues atteignant des hauteurs de 10 à 15 mètres au-dessus de l'étiage, les piles sont très hautes. Elles mesurent de 35 à 60 mètres d'élévation depuis le dessous des fondations jusqu'au sommet du couronnement.

Outre les ponts précités, M. Morison en a construit encore, de 1889 à 1893, trois autres sur le Mississipi; *Merchants Bridge, Alton Bridge* et *Winona Bridge,* dont les dessins, qui ne figurent pas dans son album, sont donnés dans le bel ouvrage de M. Le Rond, ingénieur des ponts et chaussées, sur *Les travaux publics de l'Amérique du Nord*[1].

Ainsi, dans l'espace de quatorze ans, M. Morison a projeté et exécuté — à notre connaissance, qui est peut-être incomplète — 13 grands ponts sur le Mississipi, le Missouri et l'Ohio. Pour qu'un seul homme ait pu suffire à cette tâche, il faut qu'il ait été grandement aidé par la puissance des ressources industrielles et par la brièveté des formalités administratives. De fait, la plupart des ponts en question ont été projetés et construits dans un délai de 18 à 24 mois. Et, pour donner une idée précise de cette rapidité d'exécution, nous allons, pour l'un de ces ponts, par exemple celui de Plattsmouth, sur le Missouri, faire l'historique sommaire de la construction.

[1] Cet ouvrage, qui donne les renseignements les plus étendus sur la construction et sur l'histoire des ponts de l'Amérique du Nord, figurait, à côté de l'album de M. Morison, parmi les documents exposés dans la Classe 29, par les États-Unis.

Disons d'abord que le pont de Plattsmouth se compose, en partant de la rive droite, de :

1 viaduc métallique de 36 m. 60, en 4 travées de 9 m. 15;

2 travées de 122 m. 53;

3 travées de 62 m. 54, 62 m. 18 et 61 m. 72;

1 viaduc métallique de 430 m. 20, en 48 travées de 9 m. 15;

1 estacade en charpente de 610 mètres.

Les dates relatives aux principales circonstances de l'exécution sont les suivantes :

12 février 1879. — Reconnaissance des lieux.

28 mai 1879. — Envoi du projet à Washington.

30 juin 1879. — La construction est décidée.

8 et 9 juillet 1879. — L'ingénieur est commissionné et reçoit des instructions définitives.

29 juillet 1879. — Marché passé pour la construction des piles en rivière et leur fondation à l'air comprimé.

31 juillet 1879. — Marché passé pour les socles en maçonnerie des viaducs d'approche.

En août 1879. — Achèvement des plans de la superstructure. Quatre usines sont appelées à faire des offres.

2 septembre 1879. — Marché passé pour les viaducs d'approche métalliques et les trois travées de 62 mètres.

4 septembre 1879. — Marchés passés pour les deux travées de 122 mètres et pour la fourniture de l'acier, sous le contrôle des ingénieurs.

16 septembre 1879. — Marché passé pour l'exécution de l'estacade en charpente.

31 août 1880. — Le pont est livré à l'exploitation.

Ainsi, en dix-huit mois et demi, un ouvrage comportant un tablier métallique de 898 m. 40 de longueur, appuyé sur des piles fondées à 16 mètres sous l'étiage et monté dans des conditions difficiles (il a fallu refaire le pont de service emporté par une crue), a pu être projeté, étudié, soumis aux formalités administratives, adjugé, construit, éprouvé et livré à la circulation.

Mentionnons aussi les délais d'exécution du pont de Cairo, construit sur l'Ohio, à l'embouchure de cette rivière dans le Mississipi. Ce pont, l'un des plus grands qui existent, comprend pour la traversée du fleuve : 2 travées de 159 m. 56 et 7 travées de 123 m. 44, mesurant ensemble 1,183 m. 20. Les viaducs d'approche, comportant ensemble 38 travées de 45 m. 72 et 2 travées de 32 m. 32, mesurent 1,802 mètres qui, ajoutés aux 1,183 m. 20 du pont proprement dit, donnent, pour la longueur totale des ouvrages métalliques, le chiffre de 2,985 m. 20. Et, si l'on ajoute les estacades d'approche en charpente, on arrive, pour le développement total des ouvrages à claire-voie faisant partie du projet et adjugés en bloc à l'*Union Bridge Co.*, au chiffre de 6,236 mètres.

Ce colossal travail, qui comprend l'exécution de 10 piles en maçonnerie, de

54 mètres d'élévation, fondées pneumatiquement à 23 mètres sous l'étiage et à 38 mètres au-dessous des plus hautes crues, et dont la dépense totale s'est élevée à 13,870,000 francs, a été projeté et complètement exécuté en trente-deux mois, de mars 1887 à la fin d'octobre 1889.

Si nous sommes entrés dans des détails aussi circonstanciés touchant l'extrême rapidité d'exécution des ponts américains, c'est afin de bien mettre en lumière cette qualité qui est peut-être le trait le plus saillant de l'art des constructions aux États-Unis. Elle trouve sa cause : en premier lieu, dans la puissance de l'outillage mécanique, incessamment perfectionné, qui permet de produire beaucoup, très promptement; en second lieu, dans la direction d'esprit très pratique des ingénieurs et des constructeurs, qui les porte, quand un type est reconnu pour satisfaisant, à le reproduire tel quel et, si faire se peut, avec les mêmes éléments; enfin, dans la division du travail, qui est poussée à ce point que, pour les plus récents des ponts précités, le montage de la charpente métallique a été fait non par le constructeur, mais par un entrepreneur spécial, ce qui implique nécessairement une grande perfection dans le travail exécuté à l'usine, et une perfection passée à l'état d'habitude.

Une autre raison qui nous a portés à introduire dans ce préambule des considérations aussi étendues sur la construction des ponts américains, est que le compte rendu des objets exposés ne permet pas de donner une idée suffisante de cette branche si considérable de l'activité technique et industrielle des États-Unis. Le catalogue spécial de cet État nomme, il est vrai, 14 exposants — 7 compagnies et 7 particuliers — inscrits au titre de la construction des ponts; mais 2 compagnies seulement et 1 ingénieur ont effectivement exposé. L'apparente abstention des autres est, d'ailleurs, justifiée par le naufrage du paquebot *le Pauillac,* qui a entraîné la perte d'un grand nombre d'objets envoyés de New-York à l'Exposition de 1900. Il en est disparu de toute sorte, si bien que nous n'aurons à examiner ici qu'une dizaine d'exposants.

Mississipi River Commission, à Saint-Louis (Missouri). — Le Mississipi prend sa source à l'ouest du lac Supérieur, à la limite des États-Unis et du Canada, dans un territoire qui n'a été complètement relevé et exploré qu'en 1889. Il sort du lac Itasca, à une altitude de 475 mètres, et se jette dans le golfe du Mexique, après un parcours de 4,100 kilomètres, navigable à la vapeur sur 3,200 kilomètres. Son bassin, sillonné par une multitude d'affluents, navigables sur 24,000 kilomètres, occupe dans le milieu de l'étendue comprise entre l'Atlantique et le Pacifique une superficie de 3,265,000 kilomètres carrés, à peu près égale à la moitié du territoire des États-Unis.

Pourvoir sur tout le parcours de ce fleuve aux exigences de la navigation et prévenir les désastres pouvant résulter de l'afflux des grandes eaux sur d'immenses terrains submersibles, telle est la tâche principale qui incombe à la Commission du Mississipi, instituée le 28 juin 1879.

Cette Commission, dont le siège est à Saint-Louis, est chargée aussi de l'étude

IMPRIMERIE NATIONALE.

approfondie du fleuve, depuis sa source jusqu'à son embouchure, de l'exécution entre ces deux points d'une triangulation et d'un nivellement de haute précision, ainsi que du relèvement de profils en travers et de l'étude topographique du terrain sur 1 mille à partir de chaque rive. La carte du fleuve est aujourd'hui terminée jusqu'à Saint-Paul. La triangulation et le nivellement sont complètement achevés.

A partir du lac Itasca, on distingue 5 biefs dans le cours du Mississipi. Dans le premier bief, long de 925 kilomètres, qui s'étend jusqu'au confluent du Minnesota, le fleuve traverse des terrains marécageux, coupés de rapides, dont les chutes sont utilisées comme forces motrices par l'industrie. Dans le haut de cette section sont les grands réservoirs, pouvant contenir plus de 2 milliards et demi de mètres cubes, que le gouvernement a fait construire pour améliorer la navigation en temps de basses eaux.

Le second bief, à partir duquel commence la navigation à vapeur, est compris entre les confluents du Minnesota et du Missouri; il mesure 1,130 kilomètres. De nombreux et d'importants affluents se jettent dans cette partie du fleuve, que traversent un grand nombre de ponts, portant route et chemin de fer. A l'aval du bief, les crues s'élèvent à 8 mètres au-dessus de l'étiage, et le débit varie de 560 à 9,800 mètres cubes. L'amélioration de cette section est obtenue, en général, au moyen de travaux de régularisation combinés avec des dragages. Aux rapides de Rock-Island, on a fait des dérochements et concentré les eaux à l'aide de digues et d'épis. Aux rapides de Keokuk, on a construit un canal de dérivation de 13 kilomètres, pourvu de 3 écluses.

Le troisième bief s'étend du confluent du Missouri, au-dessus de Saint-Louis, à celui de l'Ohio, à Cairo, sur 340 kilomètres. A Saint-Louis, les crues s'élèvent à 12 mètres au-dessus de l'étiage, et le débit varie de 1,000 à 24,000 mètres cubes. Les corrosions des berges sont considérables, et le lit est obstrué par de nombreux bancs de sable qui réduisent parfois la profondeur jusqu'à 1 m. 20. Le système d'amélioration comporte des rétrécissements du chenal des basses eaux, au moyen de clayonnages, la fermeture des faux bras, le revêtement des berges et des dragages. Ces travaux ont donné les meilleurs résultats. Une profondeur de 7 pieds (2 m. 13) suffit aux besoins de la navigation.

Le quatrième bief s'étend du confluent de l'Ohio, à Cairo, au confluent de la rivière Rouge, sur 1,205 kilomètres. Les crues, provenant surtout du bassin de l'Ohio, atteignent 16 mètres d'élévation, et le débit varie de 1,800 à 56,000 mètres cubes. Le fleuve coule dans un sol très meuble, où le courant produit de très fortes érosions, entraînant et noyant quantité d'arbres, dont les troncs forment un sérieux danger pour la navigation. Le lit s'élargit souvent beaucoup et il s'y forme de nombreux faux bras. Les rives sont basses sur de grandes étendues; les crues couvrent naturellement jusqu'à 80,000 kilomètres carrés de terrains très fertiles. Il faut, dans ce bief, contenir les crues par des endiguements et améliorer la navigation par des régularisations du lit, des défenses de berges et des dragages, de manière à obtenir un tirant d'eau minimum de 2 m. 44 (8 pieds).

Le cinquième bief s'étend du confluent de la rivière Rouge à l'embouchure du Mississipi dans le golfe du Mexique, sur 500 kilomètres. Le fleuve y coule, avec de grandes profondeurs qui atteignent 60 mètres, dans un lit fixe et relativement étroit. Comme le niveau d'étiage, à l'extrémité d'amont, dépasse seulement de 0 m. 90 le niveau moyen de la mer, il arrive souvent que la marée se fait sentir sur toute l'étendue du bief. L'oscillation extrême des eaux à la Nouvelle-Orléans, à 177 kilomètres de l'embouchure, est de 6 m. 30.

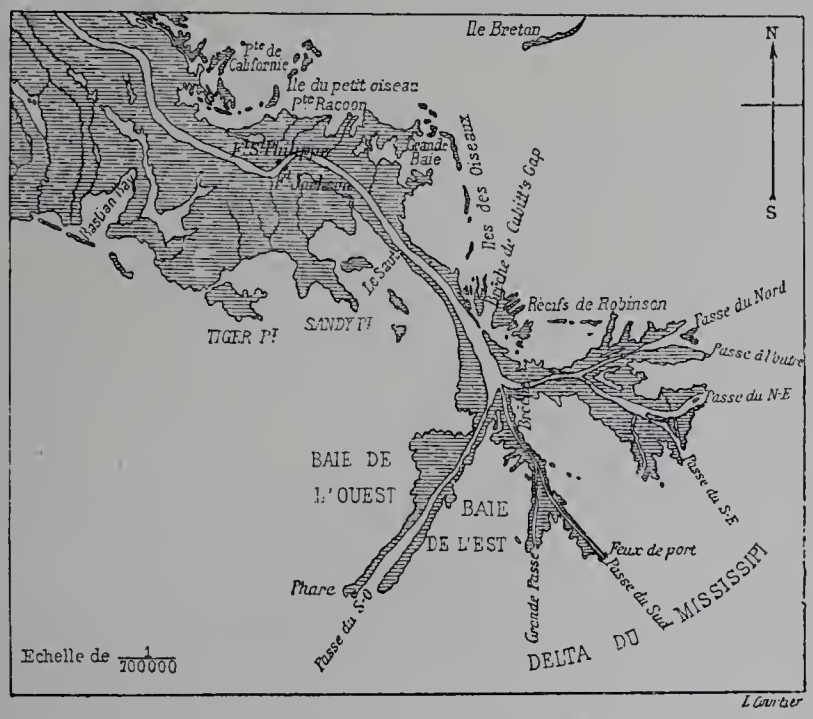


Fig. 138. — Carte de l'embouchure du Mississipi.

A l'embouchure sont trois bras principaux formant : la passe sud-ouest, la passe sud et la passe à Loutre. La passe sud a été améliorée par la construction de digues, écartées d'abord l'une de l'autre de 1,000 mètres, puis de 800 mètres. La profondeur y étant de 8 mètres tandis qu'elle est seulement de 3 m. 35 sur les barres des deux autres passes, la passe sud est la seule que suivent aujourd'hui les navires. Mais le mouillage de 8 mètres devient insuffisant. Aussi se préoccupe-t-on d'améliorer la passe sud-ouest, qui a deux fois la largeur et cinq fois la capacité de la passe sud. On pense y obtenir un tirant d'eau de 10 m. 60, au moyen de digues avancées de 4 kilomètres en mer. Deux projets sont en présence pour cet endiguement. Le projet du Gouvernement comporte deux digues, qui vont en s'écartant l'une de l'autre, jusqu'à laisser entre elles 2,134 mètres, et qui se rapprochent ensuite de manière à former, sur 1,600 mètres, un chenal de 915 mètres de largeur. On compte obtenir, par ce rétrécissement, des chasses capables de maintenir la profondeur voulue. L'autre projet, proposé par la Commission du Mississipi, comporte une seule digue, mais une digue courbe, dont le courant du fleuve suivrait la concavité, en creusant un chenal jusqu'aux hauts-fonds de la mer. Ce système a été suivi avec succès pour franchir la barre de

l'Arkansas-Pass, dans le golfe du Mexique. Dans tous les cas, les digues se construiraient en fascinages et en pierres.

On a vu précédemment que les travaux à exécuter, dans le lit et sur les berges du fleuve, comprennent les ouvrages suivants : Digues de défense contre les crues; consolidation de berges; régularisation du lit et fermeture de faux-bras; enlèvement des troncs d'arbre noyés; dragages. Voici dans quelles conditions s'exécutent ces travaux.

Digues de défense contre les crues. — Ces digues, construites en terre, sont établies à une distance convenable du lit mineur, partout où les berges sont plus basses que le niveau des plus fortes crues. Il en existe, dans le quatrième bief, le plus exposé aux inondations, 790 kilomètres sur la rive droite et 510 kilomètres sur la rive gauche. Elles atteignent et dépassent parfois 9 mètres d'élévation. Partout où leur hauteur dépasse 3 m. 66, on les renforce par une banquette établie à 2 m. 44 au-dessous du couronnement et on les dresse suivant un talus de 4 de base pour 1 de hauteur. Lors des crues, il faut veiller attentivement à ce que le corps de la digue, détrempé par le contact prolongé de l'eau, ne cède point à la charge liquide ou à l'effort du courant; on garnit le talus de sacs de terre, là où il y a menace de rupture. L'exécution des digues de défense est à la charge des États et des intéressés, tandis que la dépense des travaux en lit de rivière est supportée par le Gouvernement.

Consolidation de berges. — Ce travail est maintes fois indispensable, non seulement pour fixer le lit et le régulariser dans les terrains peu consistants, mais encore pour prévenir la ruine des digues de protection. Il s'exécute au moyen de tapis en clayonnages mesurant jusqu'à 90 mètres de largeur sur 300 mètres de longueur, qu'on coule sur la berge et dans le lit du fleuve en les chargeant de pierres. Ces clayonnages se construisent sur l'emplacement même qu'ils doivent couvrir. Des chalands d'amarrage, disposés bout à bout en travers du courant sont solidement amarrés à la tête amont de l'espace à occuper par le clayonnage. D'autres bateaux, dits *chalands de fascinage*, sont retenus aux premiers par des amarres qu'on peut lâcher de manière à faire progressivement descendre ces bateaux vers l'aval. Les ouvriers, placés sur les chalands de fascinages, construisent en allant de l'amont vers l'aval le tapis flottant, constitué par des fascines disposées l'une contre l'autre, dans le sens du courant, par rangées successives, et liées ensemble, dans la même rangée et d'une rangée à l'autre, par des fils métalliques. Puis on enfonce dans les fascines de courts piquets de saule, plantés en quinconce et, réunissant ces piquets par des clayonnages, on forme des cases d'environ 3 mètres de côté, destinées à contenir les pierres de la surcharge. Celles-ci sont d'abord répandues uniformément en quantité telle que le tapis flotte à peine. Puis on coule à fond celui-ci, à partir de l'amont, en ajoutant des pierres. Dans les grandes profondeurs, on charge les tapis clayonnés d'épis en fascines et pierrailles pour revêtir la berge plus solidement.

Le bord du clayonnage affleure le niveau des basses eaux. Le talus de la berge est,

au-dessus de ce niveau, solidement perreyé sur 0 m. 40 d'épaisseur. Le prix du tapis clayonné, coulé à fond, est de 3 fr. 50 par mètre carré.

Régularisation du lit et fermeture de faux bras. — Quand un ouvrage, tel que la digue de clôture d'un faux bras, doit pouvoir résister à un fort courant, on le construit en manière d'estacade, avec une ossature de pieux, entre lesquels on coule, jusqu'au fond du lit, des couches alternatives de fascines et de pierres. Les pieux sont battus au moyen d'un titan à sonnette, installé sur un chariot mobile le long de l'estacade. Ce titan peut tourner autour de son axe et battre des pieux jusqu'à 10 mètres de cet axe.

Enlèvement des troncs d'arbres noyés. — On emploie, à cet effet, des bateaux spéciaux, dits *snags-boats,* qui parcourent le fleuve enlevant les troncs (*snags*) qu'ils rencontrent.

Dragages. — A part quelques opérations faites dans les deuxième et troisième biefs, les dragages, commencés en 1892, ont été limités, jusqu'ici, au chenal du quatrième bief. On a reconnu par expérience, que le type à adopter, pour les dragues, comporte une double pompe centrifuge de grandes dimensions, dont l'appareil de succion est pourvu d'agitateurs mécaniques (couteaux en acier nickelé) ou d'un système d'injection d'eau à forte pression, pour désagréger les matériaux à enlever. Ceux-ci circulent alors librement dans la pompe et sont refoulés dans un tuyau mobile, de longueur suffisante pour les déverser loin du chenal. Toutes les dragues du Mississipi sont construites sur ce type. La plus puissante, la drague *Bêta,* exécutée en 1895 et modifiée en 1898, mesure 65 m. 22 de longueur et 17 m. 67 de largeur, avec 1 m. 37 de tirant d'eau. Sa puissance est de 2,000 chevaux; son appareil de désagrégation consiste en 6 cutters verticaux; son rendement par heure est, au maximum, de 5,957 mètres cubes et, en moyenne, de 3,759 mètres cubes.

On a constaté, pendant la campagne de 1897, que le nombre des barres obstruant le fleuve à l'aval de Cairo, avec un mouillage inférieur à 2 m. 44 (8 pieds), n'excédait pas 25. En estimant leur longueur moyenne à 609 m. 60, la hauteur à draguer à 1 m. 22 et la largeur à donner au chenal à 76 m. 20, on arrive à un cube de 1,420,000 mètres cubes, que, aussitôt les basses eaux survenues, il importe d'enlever rapidement, afin de mettre le fleuve dans de bonnes conditions de navigabilité, jusqu'au retour des grandes eaux. Or cet enlèvement peut être opéré en dix jours de travail continu, soit en vingt jours de travail effectif, par les 8 dragues dont on dispose. On a donc le moyen d'assurer à la navigation du Mississipi, dans un assez court délai, le tirant d'eau nécessaire.

Le mouvement de la navigation est extrêmement actif au-dessous de Saint-Louis, sur tout le bas Mississipi. De Saint-Louis à la mer (1,800 kilomètres), de puissants remorqueurs entraînent en six jours et demi des convois de 7 ou 8 chalands, portant jusqu'à 11,000 tonnes de grains ou d'autres marchandises. Les convois de charbon de

l'Ohio, composés de 30 à 50 bateaux de 40 mètres sur 8 m. 50, accouplés par 9 de front, portant de 35,000 à 58,000 tonnes, et emmenés par un seul remorqueur, dévalent, en quinze à dix-sept jours, de Louisville à la Nouvelle-Orléans (2,170 kilomètres). Le prix du transport descend à 0 fr. 10 par tonne. Pour que ces immenses convois passent facilement, il faut que le fleuve soit libre d'obstacles. Aussi n'existe-t-il sur le Mississipi, en aval de Saint-Louis, qu'un seul pont, celui de Memphis, dont la travée marinière mesure 240 m. 92 d'ouverture et dont le tablier s'élève à 33 m. 50 au-dessus du niveau des eaux moyennes.

Un grand nombre de modèles très soigneusement exécutés, de dessins, de tableaux et de documents imprimés rendaient parfaitement compte des travaux de toute nature dirigés par la Commission du Mississipi.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs en chef H.-S. Douglas, E.-C. Tollinger, W.-J. Hardee.

New-York. — **Port et Ponts sur les rivières.** — Le vaste plan, fait à la main, de la ville de New-York et de ses alentours, qui figurait dans la section des États-Unis, faisait bien paraître l'immense développement actuel et futur de cette ville, de son port et de ses voies de communication. Au fur et à mesure que la ville s'accroît, de nouveaux quartiers sont lotis à l'avance sur de grandes étendues. De vastes superficies se couvrent incessamment de constructions.

La population de New-York, qui était de 1,120 habitants en 1653, de 10,530 en 1756, de 60,500 en 1800, de 515,360 en 1850, montait, en 1898, avant l'agrandissement de la ville, à 1,884,000 habitants et, après l'agrandissement, à 3,388,800 habitants.

La ville occupe 79,802 hectares, soit 798 kilomètres carrés.

La longueur des rues existantes atteint 3,991 kilomètres; celle des conduites d'eau 3,200 kilomètres; celle des égouts, 2,290 kilomètres; celle des tramways, 880 kilomètres, et celle des chemins de fer, 410 kilomètres. Des squares et des parcs, dont quelques-uns égalent en dimension le bois de Boulogne, sont distribués dans la ville; ceux existant, occupent 2,800 hectares; ceux projetés en mesurent 2,085.

Le port occupe les bords de la Baie supérieure ainsi que les deux rives de l'Hudson et de l'East-River, hérissés de môles et d'appontements, le long desquels se rangent les navires.

La longueur des quais monte, dans la ville, à 568 kilomètres. Il est entré dans le port, durant la dernière année, 5,289 bateaux à vapeur et 6,788 voiliers. Les lignes des bateaux à vapeur partant de New-York sont au nombre de 106. L'accès du port doit être amélioré par la création, au moyen de dragages et moyennant une dépense de 25 millions de francs, d'un nouveau chenal, reporté vers l'Est, qui abrégera la traversée de 4 heures.

La colossale extension prise par Brooklyn, sur la rive Est de l'East-River, a déterminé la construction, par-dessus cette rivière, du célèbre pont suspendu de Brooklyn

(1870-1883), qui mesure 486 m. 43 de portée et 41 m. 16 d'élévation au-dessus du niveau des hautes mers.

L'encombrement du pont de Brooklyn et les exigences croissantes de la circulation ont fait entreprendre, en 1896, à deux kilomètres et demi en amont de ce pont, au delà du coude de l'East-River, la construction, sur cette rivière, d'un nouveau pont suspendu, dit *nouveau pont de l'East-River,* qui s'achève à présent.

Nouveau pont de l'East-River. — La distance entre les tours est de 487 m. 68. La hauteur de ces tours atteint 102 m. 11 au-dessus des hautes mers. Chacune d'elles consiste en deux pylônes en acier, espacés, d'axe en axe, de 29 m. 56, assis sur un soubassement en granit qui s'élève à 7 mètres au-dessus des hautes mers. Le tablier, large de 35 m. 96, est porté par 4 câbles de 0 m. 46 de diamètre (ceux du pont de Brooklyn mesurent 0 m. 38), raidis par deux poutres de 13 m. 71 de hauteur (celles du pont de Brooklyn sont hautes de 5 m. 18); ces poutres sont espacées, d'axe en axe, de 21 m. 94. Le tablier du pont, disposé au bas des poutres, porte, extérieurement à celles-ci, deux voies charretières, soutenues par les encorbellements des pièces de pont. Dans l'intervalle des poutres sont 6 voies de tramways et, contre les poutres, à l'intérieur, sont disposées, au-dessus des tramways, deux voies pour piétons. La longueur totale de l'ouvrage, compris viaducs et rampes d'accès, atteint 2,327 mètres.

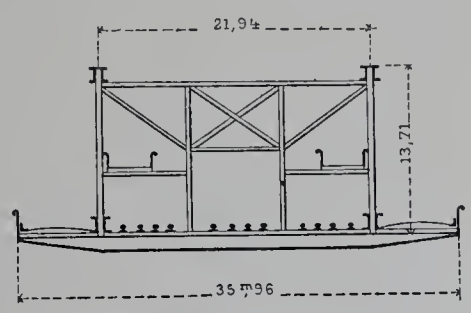


Fig. 139. — Section transversale du nouveau pont de l'East-River.

D'autres ponts gigantesques, des ponts *mammouths,* comme on les appelle en Amérique, sont en projet à New-York.

Projet d'un troisième pont sur l'East-River, à construire entre le pont de Brooklyn et le nouveau pont sur l'East-River. C'est encore un pont suspendu à 4 câbles, dont la portée serait un peu moindre que celle des deux autres ponts. L'espacement des pylônes, d'une rive à l'autre, mesuré d'axe en axe, serait de 446 m. 53 et l'ouverture libre mesurerait 426 m. 72 en largeur et 41 m. 15 en élévation au-dessus des hautes mers. La longueur totale de l'ouvrage, compris viaducs et rampes d'accès, atteindrait 2,845 mètres.

Projet d'un quatrième pont sur l'East-River, à Long-Island. — Grâce à la division de l'East-River en deux bras par l'île de Long-Island, on projette de traverser la rivière au moyen d'un pont cantilever, comprenant une travée médiane de 106 m. 84 établie sur l'île et deux travées de 257 m, 86 franchissant les deux bras de la rivière.

Projet d'un pont sur l'Hudson, à New-York. — Il s'agit de franchir un bras de mer d'un kilomètre de largeur, sans appuis intermédiaires. Divers projets ont été présentés. — Un pont suspendu de 868 m. 68 d'ouverture avec câbles doubles, supérieurs et infé-

rieurs, reliés ensemble par un treillis, en manière d'arcs retournés. — Un pont suspendu semblable au précédent, de 944 m. 80 d'ouverture. — Un pont Cantilever, à travée centrale de 658 m. 35 d'ouverture avec travées de rive de 256 mètres (non acceptable parce qu'il comporte deux piles en rivière). — Enfin, un pont suspendu d'une portée de 991 m. 80, raidi sur chaque tête par deux poutres paraboliques, de 487 m. 68 de longueur et de 60 m. 96 de hauteur au milieu, articulées ensemble et avec les piles. Ce gigantesque pont comprendrait 12 câbles de 0 m. 584 de diamètre. L'espacement des poutres serait de 38 m. 10 et la largeur du tablier de 43 m. 89. Les pylônes métalliques, assis sur un socle de granit, élevé de 9 m. 14 au-dessus des hautes mers, et fondés à 47 m. 70 de profondeur, atteindraient une hauteur de 178 m. 91 au-dessus des hautes mers. Les calculs sont établis en admettant, par mètre courant, les chiffres suivants : poids mort, 60 tonnes; surcharge, 27 tonnes; action du vent, 2.4 tonnes; soit, au total, 90 tonnes. La dépense monterait à 133 millions de francs.

Ponts sur la rivière de Harlem. — La rivière de Harlem, qui relie, au nord de New-York, l'Hudson avec l'East-River, mesure environ 150 mètres de largeur et peut être franchie, avec des points d'appui en lit de rivière, soit par des ponts fixes, élevés à une hauteur suffisante, soit par des ponts tournants à passes suffisamment spacieuses.

Le **Pont Washington** (1887-1888), situé au droit de la 181e rue, est un pont fixe à deux travées métalliques en arc de parabole, mesurant chacune 155 m. 45 de portée et 27 m. 43 de flèche. Les arcs, articulés aux naissances, sont au nombre de 6. Il y a 23 m. 68 de largeur entre les parapets.

Le **Pont tournant de la 3e avenue**, terminé en 1897, comprend une travée tournante sur pivot central, de 91 m. 44 d'ouverture, dégageant deux passes de 35 m. 36

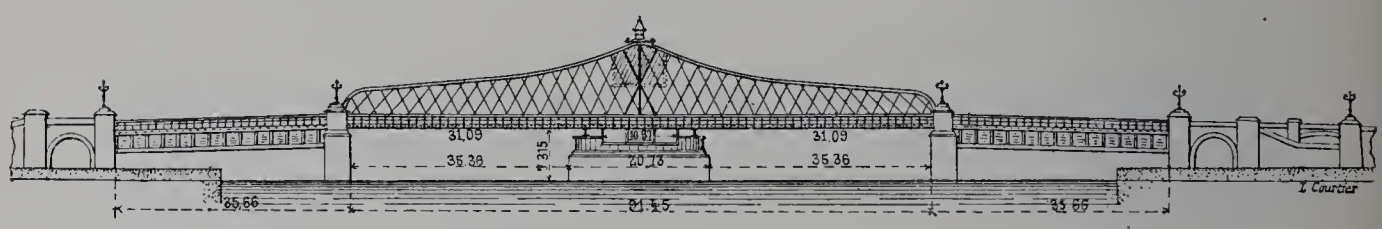


Fig. 140. — Pont tournant de la 3e avenue sur la rivière de Harlem, à New-York.

et deux travées de rive fixes, mesurant chacune 35 m. 66. La tour centrale a 20 m. 73 de diamètre. La largeur entre parapets est de 26 m. 22. Les fermes, au nombre de quatre, sont espacées de 6 mètres d'axe en axe. La travée tournante pèse 2,500 tonnes; elle a coûté 2,100,000 francs.

Le **Pont tournant de la 7e avenue** comprend une travée tournante de 124 m. 51 de longueur et de 19 m. 81 de largeur entre les garde-corps. Les fermes, au nombre de deux, sont espacées de 13 m. 26 d'axe en axe.

Le **Pont tournant du New-York Central and Hudson-River Railroad**, situé au droit de la 135e rue et terminé en 1898, comprend une travée tournante de 121 m. 92

de longueur et de 17 m. 82 de largeur entre les axes des fermes extrêmes. Il y a 3 fermes, espacées de 8 m. 91 d'axe en axe. Le poids du métal monte, pour la travée tournante, à environ 2,500 tonnes.

Collaborateurs principaux : M. Fr. Griffenberg, ingénieur principal des travaux publics de New-York; MM. les ingénieurs chefs de section : W.-W. Klein, W. Dalrymple, J. Schoefer, J. Hume, Ed. Holden, Geo.-Bishop, E. Ankener.

Massachusetts (État de), à Boston. — **Réseau de tramways.** — La traction électrique (par trolley) s'est développée très rapidement sur les tramways de Boston et de l'État de Massachusetts. Pendant que la population de Boston et de ses districts suburbains s'élevait de 324,180 habitants, en 1860, à 780,127 habitants, en 1895, la longueur exploitée des tramways urbains passait, dans le même intervalle, de 117 à 462 kilomètres. Tandis que, en 1889, 41.2 kilomètres étaient exploités par traction électrique et 373.3 kilomètres par traction animale, en 1898, la traction électrique s'étendait à 488.7 kilomètres et la traction animale se restreignait à 16.3 kilomètres.

Si l'on considère l'ensemble des lignes de tramways urbains de l'État de Massachusetts, on constate les résultats suivants pour les quatre années 1860, 1880, 1890 et 1898.

ANNÉES.	LONGUEURS EXPLOITÉES par TRACTION ANIMALE.	LONGUEURS EXPLOITÉES par TRACTION ÉLECTRIQUE.	LONGUEURS TOTALES EXPLOITÉES.
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.
1860	143	//	143
1880	358	//	358
1890	726	259	985
1898	33	2,527	2,560

On voit que le progrès de la traction électrique a été extrêmement rapide. En quelques années la traction animale a presque disparu. L'État de Massachusetts est, de tous les États de l'Union, celui dans lequel la traction électrique s'est propagée avec le plus de succès.

Les chemins de fer à vapeur et les tramways y occupaient, en développement de voie simple, les longueurs suivantes, en 1889 et en 1898.

	CHEMINS DE FER.	TRAMWAYS.
	kilom.	kilom.
1889	6,226	939
1898	6,979	2,647

Les dépenses kilométriques de construction et d'armement montent pour les chemins de fer :

à 424,546 + 42,673 = 467,219 francs.

et pour les tramways électriques :

à 211,304 + 55,952 = 267,256 francs.

Collaborateur : M. Geo-Carool Curtis, constructeur du modèle de la ville de Boston.

Chicago Sanitary District. — **Canal de drainage de Chicago.** — Le canal de drainage de Chicago, récemment terminé entre Chicago et la rivière des Plaines, à Joliet, a pour objet de recevoir les matières usées de Chicago, autrefois versées dans le lac Michigan, et de les entraîner jusqu'au canal et à la rivière de l'Illinois, dans la vallée du Mississipi. Le canal de drainage a environ 54 kilomètres de longueur, 48 m. 80 à 61 m. 60 de largeur au plafond, 49 m. 40 à 93 m. 30 de largeur au plan d'eau et 6 m. 70 de tirant d'eau. Il est alimenté par le lac Michigan, à raison de 270 mètres cubes par seconde, débit suffisant pour supprimer toute cause d'insalubrité dans les localités traversées. Le volume total des terrassements, effectués en partie dans le rocher, dépasse 30 millions de mètres cubes. On a largement employé les engins mécaniques pour leur exécution. Le canal de drainage pourra plus tard servir d'amorce à une voie navigable à grand tirant d'eau, reliant Chicago à la mer par le Mississipi.

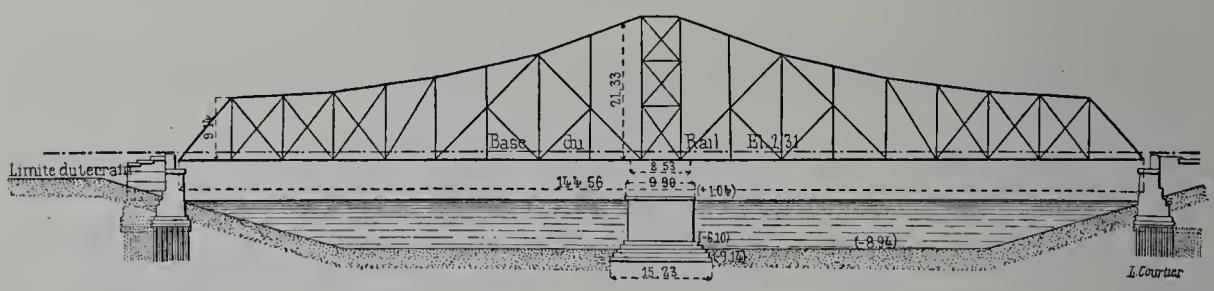


Fig. 141. — Pont tournant pour chemin de fer sur le canal de Chicago.

Ce canal est franchi par cinq lignes de chemins de fer au moyen de ponts tournants, à deux volées, avec pivot central en lit de rivière. Quatre de ces ponts sont à double voie. Le cinquième est à voie unique. Les ponts à double voie se composent d'un tablier métallique, dont les deux fermes, espacées de 9 m. 14 d'axe en axe, reposent par l'intermédiaire d'un bâti circulaire et de 56 galets tronconiques, sur une tour en maçonnerie de 9 m. 90 de diamètre. Les dimensions des fermes varient en longueur et en hauteur selon le biais du pont et la section du canal.

DÉSIGNATION.	BIAIS.	LONGUEUR des FERMES.	HAUTEUR DES FERMES au MILIEU.	HAUTEUR DES FERMES aux EXTRÉMITÉS.
I. Chicago, Madison and Northern Railway...	30°	144m56	21m34	9m14
II. Atchison, Topeka and Santa-Fé Railway....	55°	112 26	17 07	9 14
III. *Idem*.....	68°22′	98 39	15 24	9 14
IV. Chicago terminal Transfert Railway.....	86°24′	95 19	15 24	9 14

Haupt (Louis M.), à Philadelphie. — **Travaux de l'Arkansas-Pass et résultats obtenus.** — L'Arkansas-Pass sert d'exutoire, au fond du golfe du Mexique, à la baie de Corpus-Christi, située à mi-distance entre Galveston et la frontière du Mexique. Pour approfondir le chenal, envahi par les sables, on construisit, en 1869, au sud de ce chenal, une digue concave en pierres, qui augmenta de deux pieds le tirant d'eau sur la barre, mais qui fut bientôt détruite par une tempête. En 1879, on reprit les travaux,

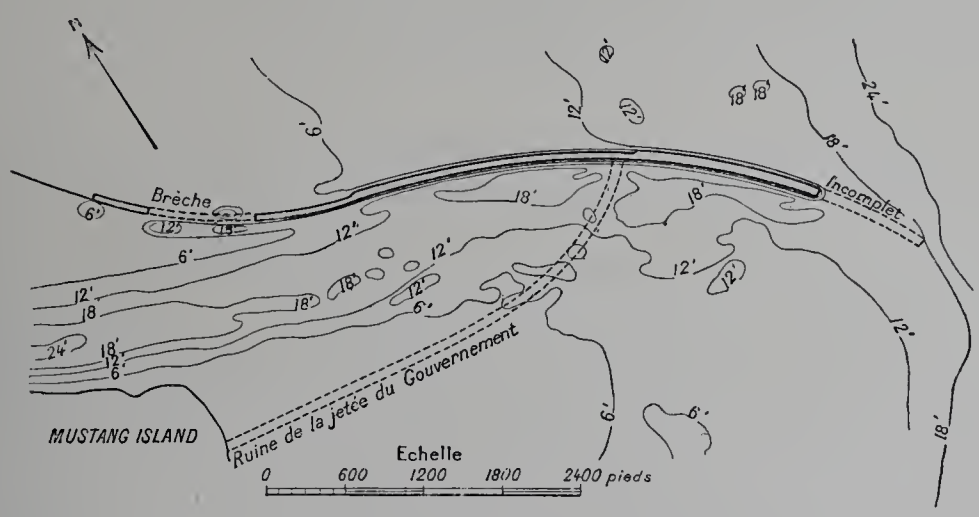


Fig. 142. — Jetée de l'Arkansas-Pass.

qui devaient consister en deux jetées; on commença par celle de l'ouest. En mai 1889, le travail fut suspendu, la dépense montait à 2,750,000 francs, et le tirant d'eau sur la barre n'était que de 7 pieds et demi. Alors se constitua la Compagnie du Port de l'Arkansas-Pass, dans le but de créer sur la barre un chenal de 20 pieds de profondeur. La construction d'une digue concave, du système Haupt, fut entreprise, en 1890, au nord-ouest du chenal, et poursuivie jusqu'en 1895. Elle avait procuré un tirant d'eau de 13 pieds, quand un grand dépôt de sable vint boucher le chenal en réduisant le mouillage à 6 pieds. La cause de cet accident était la rencontre par la nouvelle jetée des substructions de l'ancienne jetée en pierres, construite en 1869, au sud du chenal et ruinée par la tempête. Il fallut désobstruer le chenal en détruisant l'obstacle avec la dynamite. Cependant la Compagnie concessionnaire, à bout de ressources, céda son entreprise au Gouvernement, à condition que celui-ci la mènerait à bien.

Il fut alors question, à la suite d'une consultation d'ingénieurs, de reprendre le système de deux jetées. Heureusement la continuation de la jetée courbe du nord-ouest et le travail de l'eau contre son bord concave démontrèrent l'efficacité de la jetée unique. Le tirant d'eau s'est élevé successivement de 8 pieds 3/4 en juin 1897, à 11 pieds en juin 1898 et à 15 pieds (4 m. 60) en février 1899. La digue concave du système Haupt, construite en fascines et en pierres, avec une longueur de 1,500 mètres et un rayon de même dimension, suffira pour amener, par la seule action du courant, le creusement de la passe à la profondeur voulue. Ce résultat a eu beaucoup de

retentissement. Il a déterminé la Commission du Mississipi à proposer le même système pour l'approfondissement de la passe sud-ouest du fleuve.

Collaborateurs principaux : MM. H.-C. Ripley et Geo.-Y. Wisner, ingénieurs consultants; M. W. Dunbar Jenkins, ingénieur des travaux.

Phoenix Bridge Company, à Phœnix-ville (Pensylvanie). — **Photographies de ponts.** — La Phœnix Bridge Co, l'une des premières parmi les maisons de constructions métalliques américaines, a construit aux États-Unis beaucoup de grands ponts. Elle s'est contentée d'en exposer trois.

Pont tournant de la 3e avenue sur la rivière de Harlem, à New-York. (Précédemment décrit : *États-Unis, New-York,* p. 248.)

Pont de Red-Rock ou des Aiguilles, sur le Colorado, en Californie. — Ce beau pont cantilever articulé se compose d'une grande travée de 201 m. 16 (660 pieds), formée, sur chaque tête, d'une poutre droite centrale de 100 m. 58 de longueur et de 16 m. 76 de hauteur, appuyée à chaque extrémité sur une console de 59 m. 29 de saillie, mesurant 30 m. 78 de hauteur maximum, qui se prolonge, en dehors de la pile, par une console de même saillie, solidement ancrée à la pile de rive. La grande poutre cantilever, mesurant 301 m. 74 (990 pieds) de longueur totale, se décompose ainsi en trois parties égales, une console double à chaque extrémité et une poutre droite au milieu. Chacune de ces divisions, mesurant en longueur 100 m. 58 (330 pieds), comprend 12 panneaux de 8 m. 38. Le pont se prolonge du côté de l'Est par un viaduc comprenant 4 travées de 9 m. 15.

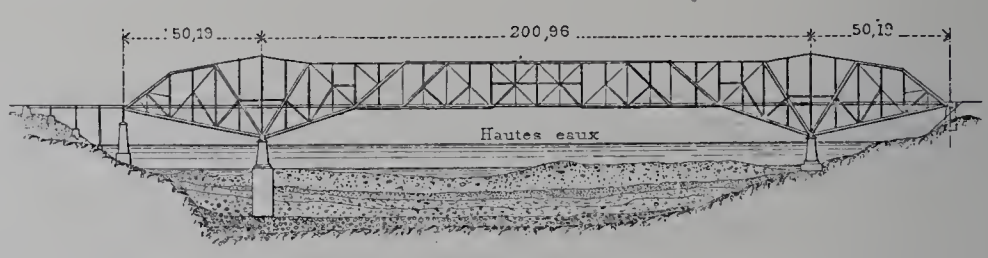


Fig. 143. — Pont de Red-Rock, sur le Colorado (Californie).

Ce pont est construit pour un chemin de fer à une voie. L'écartement des poutres de tête, d'axe en axe, est de 7 m. 62. Le dessous de la poutre droite centrale est à 12 m. 50 au-dessus des hautes eaux.

La pile Ouest est fondée sur le rocher un peu au-dessous des basses eaux. La pile Est est fondée à l'air comprimé, sur un caisson en bois, descendu à 18 m. 60 au-dessous des basses eaux.

Les travaux, commencés aux premiers jours de 1889, tant sur place qu'à l'usine, ont été terminés en mai 1890. Le montage, opéré en 80 jours de travail effectif, a occupé 75 hommes au plus.

Le poids total du métal monte à 1,588 tonnes.

La dépense s'est élevée : pour la substructure, à 1,207,960 francs ; pour la superstructure, à 1,196,832 francs, et pour l'ouvrage complet, approches et tous frais compris, à 3,614,598 francs.

Le devis, dressé en juin 1889, prévoyait 3,614,707 francs.

Kansas city and Memphis Railway and Bridge Company, à Kansas-City (Missouri). — **Pont de Memphis, sur le Mississipi.** — Ce gigantesque pont en acier, déjà mentionné précédemment parmi les ouvrages dont M. Morison a dirigé la construction, est un pont cantilever articulé, qui franchit le fleuve au moyen d'une console de rive de 68 m. 83 et de trois travées, savoir : une travée marinière à deux consoles et poutre suspendue de 240 m. 92 ; une travée contrepoids de 189 m. 29 et une travée de rive à console unique et poutre suspendue de 189 m. 29. Les trois consoles autres que celles de rive mesurent 51 m. 61 de longueur; la travée contrepoids, prolongée par ses deux consoles, mesure 292 m. 51 de longueur et 23 m. 66 de hauteur entre les axes des articulations; les poutres suspendues, appuyées sur les extrémités des consoles, mesurent 137 m. 70 de longueur et 17 m. 20 de hauteur entre les axes des articulations. Le pont se prolonge : du côté Ouest, par trois petites travées, mesurant ensemble 25 m. 60 ; et du côté Est, par une travée en poutre droite sous rails de 93 m. 25, et par un viaduc de 695 m. 10, en 26 petites travées. La longueur totale de la construction métallique est ainsi de 1,546 m. 73, dont 826 m. 03 en grandes travées au-dessus du fleuve et 720 m. 70 en viaducs d'approche à petites travées. La largeur du pont, mesurée entre les axes des poutres de tête, est de 9 m. 14.

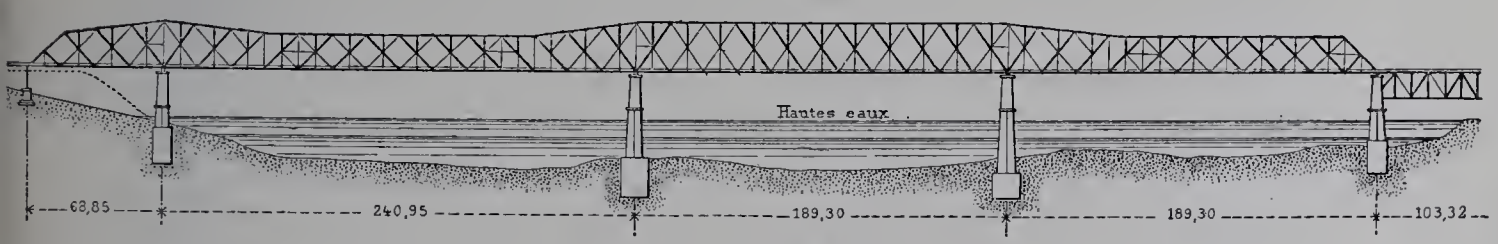


Fig. 144. — Pont de Memphis, sur le Mississipi (États-Unis).

Les cinq piles des grandes travées ont été fondées à l'air comprimé sur des caissons en bois, à une profondeur qui, pour la pile séparant les deux travées de 189 m. 29, atteint 29 m. 56 au-dessous du niveau des basses eaux et 40 m. 23 au-dessous du niveau des plus hautes eaux. L'intervalle entre ce dernier niveau et le dessous des poutres est de 22 m. 86 et la hauteur totale de la pile la plus élevée, mesurée du dessous des fondations au sommet du bandeau de couronnement, atteint 60 m. 35. L'épaisseur des piles est de 3 m. 66 au sommet ; le fruit des parements latéraux est de 1/24.

On a monté les deux travées de 189 m. 29 sur échafaud et la travée marinière en porte à faux. Les travaux, commencés en novembre 1888, ont été terminés en mai 1892. On a fait les épreuves avec 18 locomotives de 80 tonnes.

Le poids total du métal s'est élevé, pour la superstructure, à 7,400 tonnes. Le poids mort, tablier compris, atteint, par mètre courant, 12,350 kilogrammes dans la travée contrepoids et 8,333 kilogrammes dans les travées suspendues.

La dépense s'est élevée, pour l'ensemble de l'ouvrage, à 13,221,000 francs, et, pour le pont proprement dit, à 10,135,000 francs, dont 5,039,000 francs pour la substructure et 5,096,000 francs pour la superstructure.

Le projet primitif comportait un pont à trois travées égales de 205 m. 74. C'est le service du Génie qui a exigé une travée marinière de 790 pieds, placée contre la rive gauche, et non au milieu du fleuve, comme le demandaient les ingénieurs. De là, la structure dissymétrique du pont, qui a le mérite de posséder la plus grande travée métallique du monde, en dehors du pont du Forth et de quelques ponts suspendus.

Illinois central railroad Company, à Chicago. — Cette compagnie de chemins de fer expose un petit modèle d'estacade en charpente avec plancher en bois portant ballast et traverses, système employé aux États-Unis pour la traversée des terrains marécageux.

Chicago, Milwaukee and Saint-Paul railway Company. — L'exposition de cette compagnie de chemins de fer, non mentionnée au catalogue et non appréciée par le Jury, consiste en un modèle de la travée en bois du système Howe, couramment employé aux États-Unis, à titre d'ouvrage provisoire, pour la traversée des cours d'eau. La travée porte sur deux palées de structure différente.

Modjeski, à Chicago. — **Photographies du pont de Rock-Island.** — M. Modjeski a participé à la construction du pont de Rock-Island et de quelques autres grands ponts américains. Ses travaux, qu'il a exposés dans la Section française (Ministère des travaux publics. — École des ponts et chaussées), ont été mentionnés précédemment.

American Society of civil engineers. — La société américaine des ingénieurs civils, instituée le 5 novembre 1852, a son siège à New-York. Elle a pour objet le progrès des connaissances théoriques et pratiques relatives à l'art de l'ingénieur et le maintien d'une haute dignité professionnelle parmi ses membres. Les moyens à employer dans ce but sont : des assemblées générales pour l'étude et la discussion de sujets spéciaux, et pour faciliter entre les membres les relations sociales et professionnelles; la publication des études et des discussions ; l'entretien de la bibliothèque et des collections de cartes, de dessins et de modèles, ainsi que les mesures à prendre pour faciliter l'usage de ces ressources d'instruction.

Outre l'assemblée générale annuelle, il peut y avoir des assemblées extraordinaires. Le comité de direction se compose de 1 président, 4 vice-présidents, 18 directeurs, 1 secrétaire, 1 trésorier et des 5 derniers anciens présidents faisant partie de la société. Le président, le secrétaire et le trésorier sont nommés pour un an, les vice-présidents pour deux ans, les directeurs pour trois ans. Les nominations sont faites par une com-

mission composée des 5 anciens directeurs et de 7 membres, pris en dehors du comité et élus pour deux ans par l'assemblée générale, à raison de 1 membre pour chacun des 7 districts, entre lesquels sont répartis les sociétaires sur le territoire national.

La société comprend diverses catégories de membres et d'associés, dont nous donnons ci-dessous le nombre, dans chaque catégorie, d'après l'annuaire du 10 février 1900 :

Membres honoraires	9	Associés	93
Membres correspondants	3	Juniors	263
Membres	1,376	Fellows	38
Membres associés	439	TOTAL	2,221

Les membres (au moins 30 ans d'âge et 10 ans de profession) et les membres associés (au moins 25 ans d'âge et 6 ans de profession) ont seuls droit de vote. Les associés sont des personnes qui s'intéressent aux travaux de l'ingénieur, sans en exercer la profession. Les juniors sont des jeunes gens débutant dans la carrière et remplissant certaines conditions. Les fellows sont des personnes contribuant à l'augmentation du capital de la société, mais ne remplissant pas les conditions nécessaires pour devenir sociétaires ou associés. Ces trois dernières catégories, ainsi que celles extrêmement restreintes des membres honoraires et des membres correspondants, jouissent des mêmes prérogatives que les membres effectifs et associés, le droit de vote excepté. Les sociétaires et les membres associés sont élus par leurs collègues après une enquête faite par le comité. Les associés, les juniors et les fellows sont reçus par le comité, après enquête. Pour devenir membre honoraire, il faut un vote unanime du comité. Les entrées varient, selon les catégories, de 10 à 30 dollars, et les cotisations de 10 à 15 dollars.

La société publie, par fascicules mensuels, de format in-8°, les procès-verbaux de ses séances, sous le titre de *Procedings of american Society, etc.*, et un recueil de mémoires et de notices ayant trait à l'art de l'ingénieur, sous le titre de *Transaction of american Society, etc.* Ces publications, illustrées par des planches très soignées et par des gravures dans le texte, jouissent, parmi les ingénieurs, d'une haute réputation qu'elles méritent à tous égards.

ENGINEERING NEWS PUBLISHING COMPANY, à New-York. — Le périodique hebdomadaire in-folio, publié par cette société sous le titre de *Engineering News and american railway Journal,* se recommande aux ingénieurs par l'abondance et la précision des informations qu'il donne sur les diverses branches de travaux publics, exécutés dans le monde entier et notamment en Amérique. Il est illustré par de nombreux dessins, présentés sous la forme de planches, de gravures dans le texte et de phototypies. Les fascicules de chaque année forment deux forts volumes semestriels, accompagnés chacun de plusieurs tables méthodiquement dressées, qui permettent de trouver rapidement les articles ou les dessins que l'on recherche. Cette importante publication, dont l'éloge n'est plus à faire, comprenait 44 volumes à la fin de l'année 1900.

GRANDE-BRETAGNE ET CANADA.

L'exposition de la Grande-Bretagne et de ses colonies, dans la Classe 29, aurait pu être l'une des plus considérables et des plus attachantes, parmi les expositions de cette classe. Elle était malheureusement très minime. Sans l'exposition du Canada, elle se fût réduite presque à rien. Pourtant sept compagnies de chemins de fer avaient exposé, mais leurs exhibitions, à une exception près, étaient purement pittoresques. Elles consistaient en grandes et fort belles photographies de monuments anciens, cathédrales, châteaux, abbayes, mêlées de quelques vues d'ouvrages d'art et de locomotives et accompagnées de livrets descriptifs, où étaient vantées les beautés du paysage et de l'architecture. Il y avait là de quoi satisfaire amplement le touriste; mais l'ingénieur n'y trouvait presque rien de ce qu'il cherchait, rien, sauf le port de Southampton, des grands et beaux travaux du Royaume-Uni, rien de l'Inde anglaise, rien des colonies britanniques de l'Afrique et de l'Australie; et il regrettait que l'absence de tant d'ouvrages du plus haut intérêt produisît une lacune très fâcheuse dans l'exposition des travaux exécutés depuis dix ans sur la surface du globe.

London and South Western Railway C°. — **Port de Southampton.** — La Compagnie du chemin de fer exploite ce port, qu'elle a créé. La ville et le port de Southampton sont situés, en face l'île de Wight, au fond d'un estuaire, sur un promontoire compris entre deux cours d'eau, l'Itchen et la Test. Le port est en bordure sur l'Itchen. Il comprend 1,248 mètres de quais le long de cette rivière et 457 mètres au bord de la Test. Il y a trois bassins occupant ensemble 18 hectares : le bassin de l'Impératrice, construit à neuf, le bassin extérieur et le bassin intérieur, ce dernier faisant office de bassin à flot et communiquant avec le bassin extérieur par une écluse de 17 m. 08 d'ouverture. La longueur des murs de quai utilisables dans les bassins, est de 2,530 mètres. Le tirant d'eau le long des quais et dans les bassins varie de 3 m. 34 à 8 m. 54 en basse mer et de 7 mètres à 12 m. 20 en haute mer. La passe d'accès au bassin extérieur mesure 46 mètres d'ouverture et celle du bassin de l'Impératrice 50 mètres.

Le port possède cinq formes de radoub, dont trois dans le bassin extérieur, la quatrième ouverte sur l'Itchen et la cinquième disposée dans le bassin de l'Impératrice. Cette dernière mesure 228 m. 75 de longueur et 34 m. 31 de largeur, avec 8 m. 69 de mouillage en mortes-eaux. La plus petite, située dans le bassin extérieur, mesure 76 m. 25 de longueur et 15 m. 50 de largeur, avec 3 m. 35 de mouillage en mortes-eaux. Un sixième bassin de radoub, le plus grand de tous, est en construction du côté de la Test. Il mesure 244 mètres de longueur et 38 m. 13 de largeur, avec 9 m. 61 de mouillage en mortes-eaux.

Amplement pourvu de bassins de radoub, le port de Southampton n'est pas moins

largement doté de terre-pleins, de magasins, de hangars, de voies ferrées et d'engins de manutention pour le mouvement des marchandises.

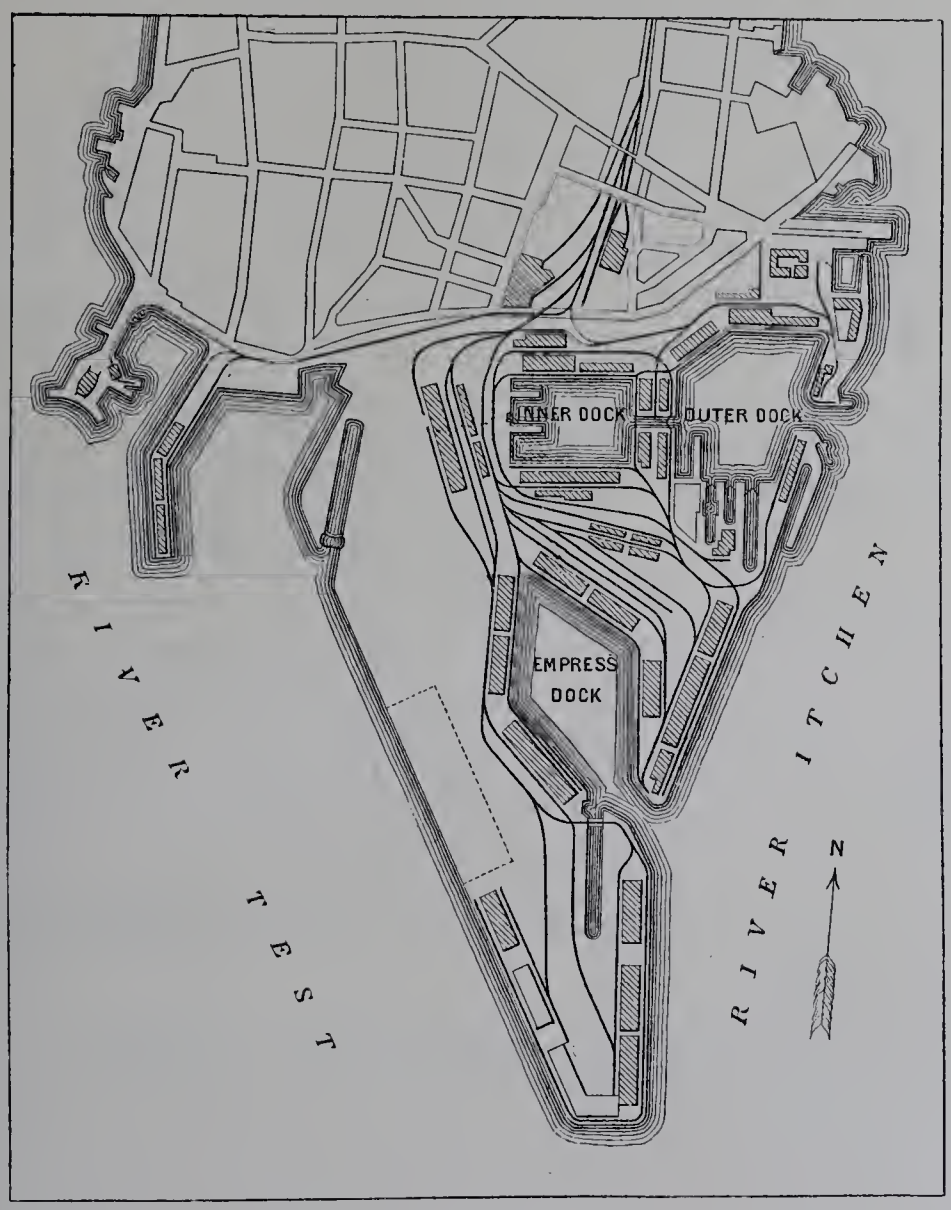


Fig. 145. — Port de Southampton.

Outre le port de la Compagnie du chemin de fer, il existe du côté de l'ouest, sur la Test, un port comprenant deux bassins à faible tirant d'eau, qui appartient à la ville et dessert la navigation locale.

Dominion of Canada, à Ottawa. — **Travaux publics du Canada.** — Le développement des travaux publics a été considérable, au Canada, pendant le dernier quart de siècle. Il n'existait, au Dominion, en 1856, que 1,142 kilomètres de chemins de fer en exploitation. On en comptait 11,096 en 1880 et 26,901 à la fin de 1898. Les voies navigables ont fait aussi de grands progrès, stimulés par la concurrence des voies navigables et des voies ferrées des États-Unis. La grande artère de navigation est le Saint-Laurent, prolongé par les grands lacs.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Le Saint-Laurent et les grands lacs. — Les cinq grands lacs de l'Amérique du Nord, qui occupent ensemble près de 250,000 kilomètres carrés, et sur les bords desquels existent un grand nombre de ports et de centres industriels des plus actifs, ont plus d'un tiers de leurs rives dans le Canada. Ils versent leurs eaux dans le Saint-Laurent, presque entièrement situé en territoire canadien. Pour amener les produits agricoles et industriels de la région des grands lacs à prendre la voie du Saint-Laurent, il a fallu améliorer le parcours par eau, et notamment en rendre les obstacles naturels aisés à franchir. De là, de grands travaux entrepris par le gouvernement canadien.

Sault Sainte-Marie. — Il y a une dénivellation de 5 m. 50 entre le lac Supérieur et le lac Huron. Pour franchir cette chute, les États-Unis ont construit une écluse. Le Canada a voulu avoir aussi la sienne. Son écluse du sault Sainte-Marie est située sur un canal d'un kilomètre de longueur; elle mesure 274 m. 31 de longueur et 18 m. 29 de largeur, avec un mouillage de 6 m. 17 sur le seuil. Les travaux, commencés en 1889 et achevés en 1894, ont coûté environ 21 millions.

Saut du Niagara. — Pour franchir la dénivellation d'environ 100 mètres qui existe entre le lac Érié et le lac Ontario, d'où sort le Saint-Laurent, on a construit, de 1824 à 1829, le canal Welland, long de 45 kilomètres, avec un mouillage de 2 m. 28 et 40 écluses, mesurant 30 m. 48 sur 6 m. 71. Ce canal, racheté par le Gouvernement en 1841, a été, depuis cette époque, agrandi à plusieurs reprises. La dernière transformation (1873-1887) en a porté la longueur à 43,100 mètres, la largeur au plafond à 30 m. 48, le mouillage à 4 m. 27 (14 pieds) et les écluses à 82 m. 30 de longueur et 13 m. 72 de largeur. La dépense s'est élevée à 123,600,000 francs.

Canaux du Saint-Laurent entre le saut du Niagara et Montréal. — Dans cet intervalle, le Saint-Laurent est coupé de rapides que l'on tourne au moyen de six canaux ou dérivations, munies d'écluses et mesurant ensemble 70,200 mètres. Les travaux d'amélioration ou de reconstruction de ces canaux ne sont pas encore terminés. On y donne aux écluses les mêmes dimensions qu'à celles du canal Welland. On remplace le canal de Beauharnais, situé sur la rive droite, du côté des États-Unis, par le canal de Soulanges, établi sur la rive gauche et de longueur à peu près pareille (18 kilom.). Les dépenses faites jusqu'au 30 juin 1895 montaient à 120 millions.

Dragages du chenal maritime du Saint-Laurent. — On entretient dans le Saint-Laurent, entre Québec et Montréal, un chenal de 8 m. 38 (27 pieds et demi) de profondeur au-dessous des basses mers, afin de permettre aux plus grands bateaux d'arriver jusqu'à Montréal. C'est surtout dans le lac Saint-Pierre, un élargissement du Saint-Laurent, qu'il faut opérer des dragages pour maintenir ce mouillage de 8 m. 38 sur la largeur de 92 à 137 mètres, qui est celle du chenal. De 1850 à 1895, on a dragué plus de 15 millions de mètres cubes, moyennant une dépense qui dépasse 20 millions de francs.

Port de Montréal. — Montréal est la métropole commerciale du Canada. Le port, parfaitement sûr, mais fermé par les glaces ou les débâcles pendant cinq mois d'hiver, se développe sur la rive gauche du fleuve, à l'aval du pont Victoria, sur une longueur de plus de 6 kilomètres. Une digue de protection de 2,134 mètres de longueur, enracinée contre la culée nord du pont Victoria, doit défendre contre les glaces les petits bassins et les courts môles de la partie d'amont du port.

Port de Québec. — Québec est à 257 kilomètres en aval de Montréal. La profondeur du Saint-Laurent y atteint 32 à 42 mètres, et la hauteur des marées y varie de 3 m. 66 en mortes-eaux à 5 m. 50 en vives-eaux. Les ouvrages du port se composent des quais et des wharfs existant le long du fleuve et des bassins de la Princesse-Louise

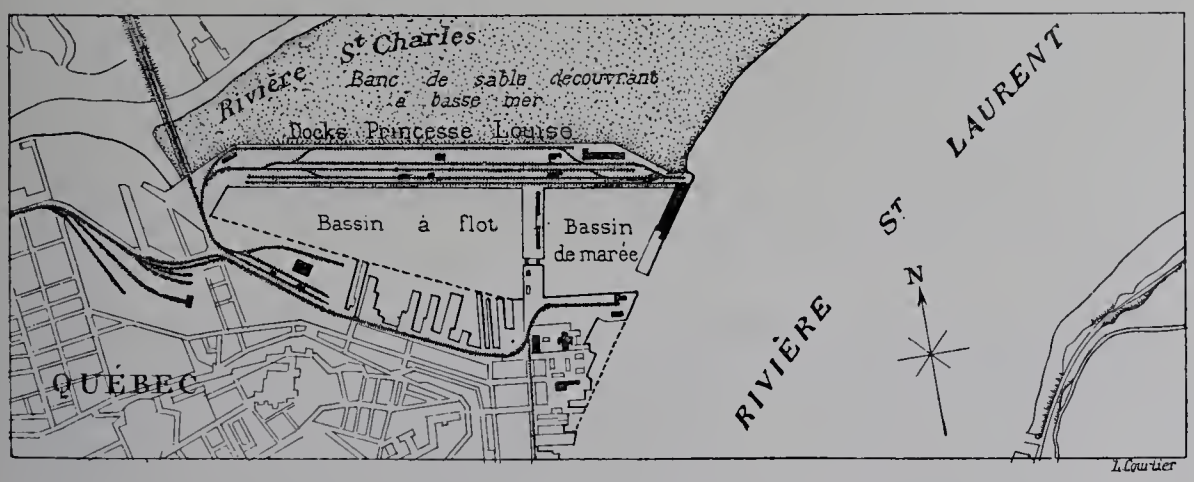


Fig. 146. — Port de Québec.

(1877-1890), comprenant un avant-port de 8 hectares et demi, avec 872 mètres de quais, et un bassin à flot de 16 hectares, avec 1,128 mètres de quais et 8 m. 35 de mouillage par basses mers de mortes-eaux. On a construit, en outre, une forme de radoub de 213 m. 35 de long et de 24 m. 38 de largeur à l'entrée. La dépense dépasse 16 millions. L'importance commerciale de Québec tend à décroître depuis que la grande navigation peut remonter jusqu'à Montréal. Cependant le commerce de bois y maintient sa situation.

Autres voies navigables du Dominion. — La voie navigable du Saint-Laurent au lac Champlain emprunte d'abord la rivière Richelieu, sur 74 kilomètres, puis le canal Chambly, sur 19 kilom. 300, puis encore la rivière Richelieu, sur 37 kilomètres, jusqu'au lac Champlain. Le canal Chambly a 18 m. 30 de largeur au plafond et 2 m. 13 de mouillage. Ses écluses mesurent 37 à 37 m. 80 de longueur et 6 m. 86 de largeur. Du lac Champlain, la voie navigable gagne New-York par le canal Champlain, le canal Érié et l'Hudson.

Les autres voies navigables du Canada sont : **La ligne de Montréal à Kingston**, sur le lac Ontario, par l'Ottawa, et **le Rideau** ligne aujourd'hui presque abandonnée sur le Rideau, d'Ottawa à Kingston.

Le système de navigation de la rivière Trent, entre le lac Huron et le lac Ontario, système très imparfait, rendant peu de services.

Le court **canal Saint-Pierre** qui coupe l'isthme réunissant ensemble les parties orientale et occidentale de l'île du Cap-Breton.

Enfin, un certain nombre de lignes secondaires...

Canadian Pacific Railway C°, à Montréal. — Le Canadian Pacific Railway, dont le réseau comprend 11,265 kilomètres, possède, à partir de Montréal, deux lignes dirigées vers l'Est, allant l'une à Québec et l'autre à Halifax, et deux lignes dirigées vers l'Ouest. De celles-ci, l'une aboutit à Détroit, où elle se relie aux lignes des États-Unis par de grands bateaux porte-trains; l'autre, passant par Ottawa et Winnipeg, traverse tout le continent pour arriver à Vancouver sur le Pacifique. La distance de Montréal à Vancouver est de 4,676 kilomètres. C'est la plus courte distance par chemin de fer entre les deux Océans. Mais, pendant les cinq mois d'hiver, durant lesquels le Saint-Laurent est impraticable, il faut prendre le chemin de fer à Halifax, et le trajet en chemin de fer est alors de 5,892 kilomètres.

Grand Trunk Railway C°, à Montréal. — Le réseau du Grand Trunk, qui embrasse 5,088 kilomètres, se développe entre Québec, Montréal et les grands lacs, et comprend divers embranchements, dirigés : de Montréal vers Portland (États-Unis), de Québec vers le lac Saint-Jean, de Toronto vers la baie de Géorgie et le lac Nipissing. Deux ouvrages particulièrement remarquables et de construction récente, le pont Victoria et le pont du Niagara, sont à signaler sur le Grand Trunk.

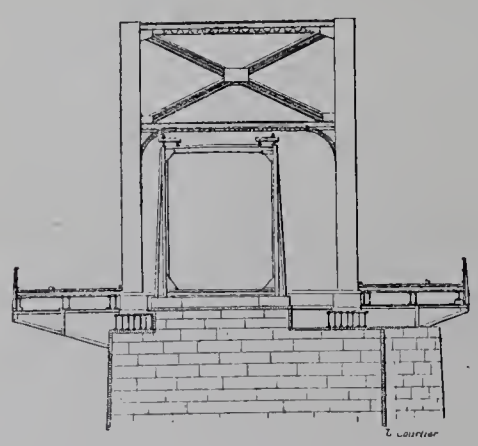


Fig. 147. — Coupe du pont Victoria.

Pont Victoria, sur le Saint-Laurent, à Montréal. — Le grand pont à voie unique de Montréal, bâti en 1849 par Robert Stephenson, était devenu tout à fait insuffisant, au point qu'on établissait sur la glace, pendant l'hiver, une voie provisoire traversant le fleuve. Ce pont consistait en une poutre tubulaire à parois pleines, appuyée sur vingt-trois piles et deux culées en maçonnerie. Ce fut, pour son époque, un ouvrage hors ligne, qualifié, dans le pays, de huitième merveille du monde.

On vient de le refaire à double voie, en allongeant les piles vers l'amont et construisant le nouveau pont *autour du vieux*. Le toit de celui-ci a servi d'appui et de chemin de roulement à un léger échafaud, servant à soutenir, pendant leur montage, les poutres à grandes mailles articulées des nouvelles travées. Des encorbellements, appuyés sur des consoles, portent de chaque côté une voie charretière avec trottoir.

Le montage du nouveau pont, commencé le 8 décembre 1897, a été terminé le 19 août 1898. Il n'y a eu que *vingt-cinq heures* d'interruption de trafic. On a ensuite démoli et enlevé le vieux pont.

Pont sur le Niagara, bâti en aval de la chute, de 1896 à 1897, pour remplacer le pont suspendu, datant de 1855. Le nouveau pont, construit en acier, se compose d'une arche de 167 m. 64 de portée entre les articulations des naissances et de 34 m. 77

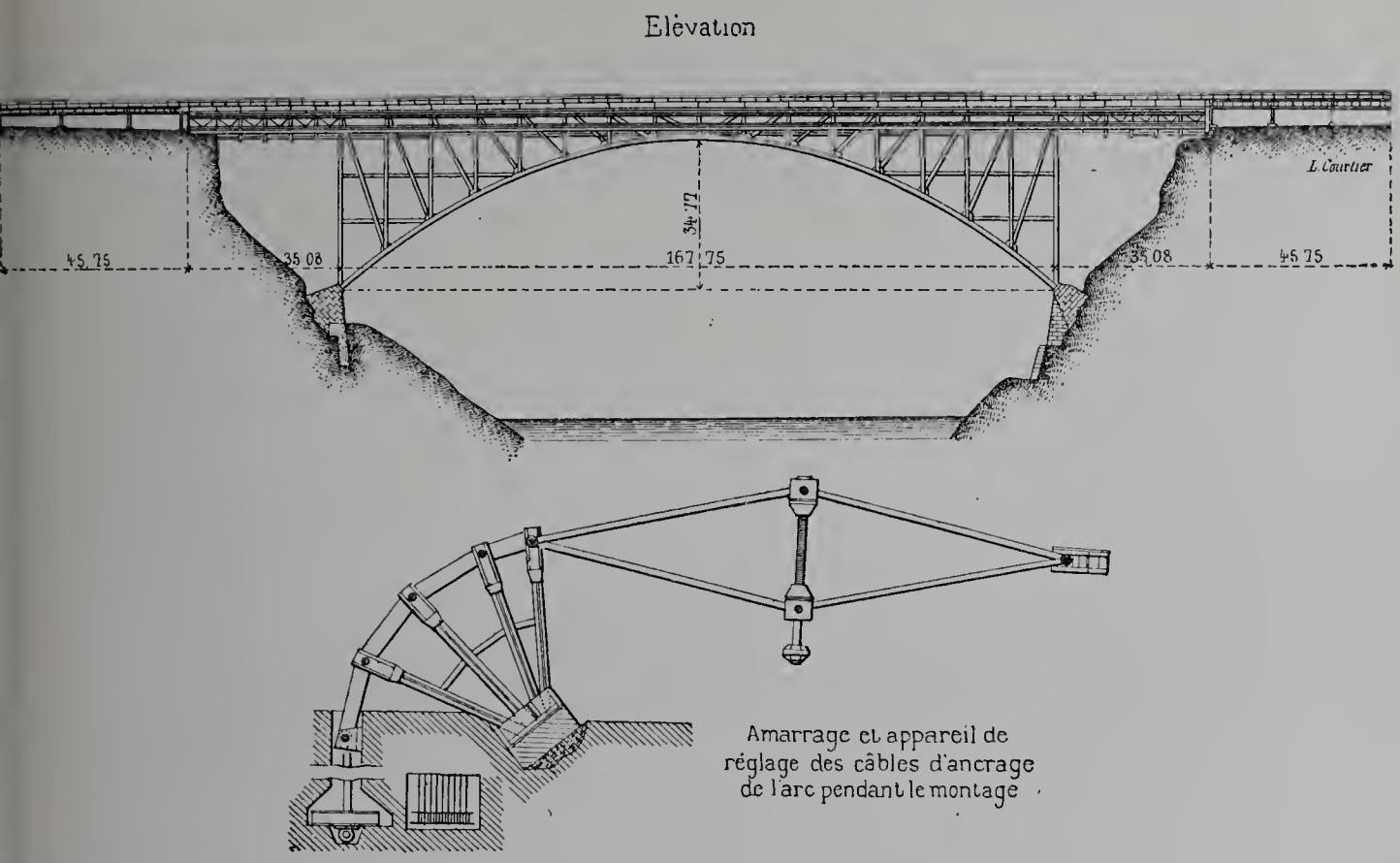


Fig. 148. — Pont métallique en arc sur le Niagara.

de flèche, prolongée de chaque côté par une travée à poutre droite de 35 m. 05 d'ouverture. La longueur totale de l'ouvrage est ainsi de 237 m. 74. La travée principale est formée de deux arcs inclinés l'un vers l'autre, de telle sorte que leur écartement passe de 10 m. 36 au sommet à 17 m. 27 aux naissances. Ces arcs portent des poutres, espacées de 9 m. 14 d'axe en axe, sur lesquelles reposent les deux voies superposées, pour le passage desquelles est disposé le pont : en bas, voie charretière avec trottoirs; en haut, double voie ferrée.

Chaque moitié de l'arche a été montée par encorbellement avec amarrage dans le rocher. Un appareil en forme de losange permettait, par l'allongement plus ou moins prononcé de la diagonale verticale, d'allonger ou de raccourcir la chaîne d'ancrage et, par suite, de faire monter ou descendre l'arc métallique. Cet appareil a bien fonctionné. Dix-neuf hommes, agissant sur chaque vis au moyen de leviers, suffisaient à la manœuvrer.

HONGRIE.

Depuis 1889, une vigoureuse impulsion a été, en Hongrie, donnée ou continuée à l'exécution des travaux publics. Il n'y avait, au 31 décembre 1889, que 7,956 kilomètres de voies ferrées livrées à l'exploitation. Au 31 décembre 1899, ce nombre était plus que doublé. Le réseau exploité mesurait 16,983 kilomètres. Il s'était accru de 9,027 kilomètres en dix ans.

En même temps, les travaux de régularisation des cours d'eau, et de protection, contre les crues, des villes et des plaines basses, faisaient aussi de grands progrès. Ces travaux sont d'une importance capitale pour la Hongrie, dont les rivières parcourant des plaines très plates, où leur pente est extrêmement faible, se creusent des lits sinueux, d'où leurs eaux se répandent lors des crues, sur d'immenses étendues. Il est nécessaire, dans l'intérêt de l'agriculture, intérêt prépondérant en ce pays, de redresser les sinuosités des cours d'eau, afin d'accroître la pente et le débit. Il faut aussi protéger, par des endiguements, les vastes territoires submersibles. C'est à partir du XIXe siècle qu'on a entrepris cette tâche, et que, pour la mener à bien, on a commencé à faire des observations systématiques sur le régime des cours d'eau. L'œuvre fut interrompue, en 1850, par les événements politiques. Elle n'a été sérieusement reprise qu'en 1879, après le désastre de Széged. Les sociétés de défense contre les crues, encouragées par l'État, s'appliquèrent très activement à construire des digues de protection, dont la dépense totale surpasse aujourd'hui 350 millions de francs. L'État a dépensé, de son côté, de 1867 à 1898, en régularisations de lits, creusements de chenaux et redressement de coudes, plus de 172 millions de francs. C'est surtout à l'amélioration du Danube et à celle de la Tisza, qu'a été consacrée cette dernière somme. On compte que d'ici à huit ou dix ans, les travaux de régularisation des cours d'eau et d'endiguement des terrains submersibles seront achevés. 3,200,000 hectares sont protégés dès à présent. Il reste à protéger 170,000 hectares.

DIRECTION NATIONALE DU SERVICE DES EAUX, À BUDA-PESTH.

Les services hydrauliques de la Hongrie ont été réorganisés en 1889, lors de la création des Ministères de l'agriculture et du commerce. Ils sont attribués en majeure partie au Ministère de l'agriculture parce que, en Hongrie, le régime des cours d'eau intéresse plus l'agriculture que la navigation et le commerce. La direction des eaux appartient donc au Ministère de l'agriculture. Cette direction surveille et dirige les opérations des seize bureaux fluviaux et des dix-sept bureaux de l'hydraulique agricole, distribués sur le territoire national.

Elle veille à l'exécution des travaux, en suit la marche, y prescrit ou y propose les changements nécessaires, examine et surveille les travaux des sociétés d'endiguement,

organise et dirige les services de prévision des crues, rassemble tous les renseignements hydrotechniques relatifs au régime des cours d'eau et spécialement aux crues... La direction comprend quatre sections : section du Danube; section de la Tisza; section de l'hydraulique agricole; section hydrographique.

La Section du Danube s'occupe des affaires et des travaux relatifs aux bassins du Danube et de ses affluents, sauf la Tisza. Elle embrasse 160,000 kilomètres carrés; la section de la Tisza en embrasse 157,000.

Le Danube traverse la Hongrie, de Dévény à Orsava, sur un parcours de près de 1,000 kilomètres. On divise ce parcours en cinq parties.

1° *Dévény à Gönyo.* — 88,5 kilomètres complètement régularisés, au moyen de digues submersibles et insubmersibles, de barrages et de cunettes. La largeur normale comprise entre les digues submersibles, passe de 300 à 380 mètres. La pente varie de 0 m. 25 à 0 m. 40 par kilomètre. Tirant d'eau minimum, 1 m. 40

2° *Gönyo à Paks.* — 261.5 kilomètres, régularisés de Gönyo à Radvany, sur 50.7 kilomètres, et de l'amont de Buda-Pesth à Tass, sur 67.3 kilomètres. La largeur normale, entre les digues submersibles, passe de 420 à 500 mètres; la pente moyenne est de 0 m. 07 par kilomètre. Tirant d'eau minimum, 1 m. 80.

3° *Paks à l'embouchure de la Drave.* — 301.2 kilomètres. Dans cette partie le fleuve faisait d'innombrables détours au travers du limon et du sable qui composent son lit. On y a fait ou on y exécute dix-sept coupures, qui, réduisant le parcours de 120 kilomètres, le ramènent à 181.2 kilomètres. En outre, on défend et on consolide les berges. La largeur normale est fixée à 450 mètres; la pente moyenne est de 0 m. 057 par kilomètre. Le tirant d'eau minimum est de 1 m. 80.

4° *Embouchure de la Drave à O. Moldova.* — 347 kilom. 1. Le lit change peu; mais il tend à s'y former des bancs de sable et des îles. Les travaux consistent en défenses de berge, en une coupure, et dans la régularisation de deux passages difficiles. La largeur normale est de 450 mètres jusqu'à l'embouchure de la Tisza, puis de 600 mètres jusqu'à l'embouchure de la Save, et ensuite de 700 mètres. La pente moyenne est de 0 m. 044 par kilomètre. Le tirant d'eau minimum reste de 1 m. 80.

5° *O. Moldova à Orsova.* — 106 kilomètres. Le fleuve franchit les défilés coupés de seuils rocheux, qui se terminent aux Portes-de-Fer. Il sera rendu compte plus loin des travaux d'amélioration, dérochements et construction de chenaux, exécutés dans cette partie par le Ministère du commerce.

Le débit du Danube, mesuré à Buda-Pesth et au-dessous du confluent de la Save, est : en basses eaux, de 1,000 et de 2,100 mètres cubes et, en hautes eaux, de 10,000 et de 16,000 mètres cubes.

Les travaux d'amélioration ont eu pour effet, à raison des limitations de largeur imposées au fleuve, d'approfondir le lit, d'abaisser l'étiage et, en général, de relever un

peu le niveau des crues. Néanmoins la situation est bien meilleure qu'autrefois, même si on ne tenait pas compte de la protection donnée contre l'inondation à d'immenses étendues de terrains submersibles. En effet, le tirant d'eau minimum est augmenté, au grand avantage de la navigation, et le danger des crues extraordinaires, dues à l'obstruction du Danube par des banquises de glace, est à peu près écarté. Cette obstruction se produisait par suite du cours divisé et sinueux du fleuve, qui serpentait au milieu d'îles et de bancs de sable. Dans le lit resserré, les glaces s'écoulent. Le niveau des crues avec banquises dépassait de plus de 2 mètres, en certains points, le niveau des crues sans banquises. C'est une crue avec banquises qui, en 1838, inonda la ville de Pesth.

L'ensemble des dépenses faites jusqu'à la fin de 1898, pour l'amélioration du Danube, monte à 88,580,000 francs, non compris les dépenses de la dernière section entre O. Moldova et Orsova.

La Save et la Drave, qui débitent à l'étiage 700 et 250 mètres cubes sont, après le Danube, les plus forts cours d'eau de la Hongrie. La Save est une belle voie navigable, dont le cours a été amélioré par cinq petites coupures. Quant à la Drave, qui coule dans un lit d'alluvions très mobiles, on y a pratiqué, depuis 1805, entre Zakany et l'embouchure, soixante-huit coupures qui, ramenant le parcours de 409 à 232 kilomètres, l'ont raccourci de 177 kilomètres. Il reste à faire, en régularisations et consolidations de berges, des travaux considérables, dont le devis dépasse 50 millions de francs.

Section de la Tisza. — La Tisza, le cours d'eau hongrois par excellence, celui dont le bassin, à peu près aussi étendu que celui du Danube, est tout entier contenu dans la Hongrie, coule, dans la plaine basse, avec une pente extraordinairement faible, qui tombe, avant l'arrivée au Danube, à moins de 0 m. 03 par kilomètre. La plupart des affluents de la Tisza ont aussi des pentes très minimes dans les parties inférieures de leur cours.

Ces rivières ont des lits extrêmement sinueux, et leurs inondations couvrent des territoires immenses. Aussi a-t-il fallu, dans le double but d'écouler plus facilement les crues et de restreindre l'étendue des digues de défense contre l'inondation, pratiquer un grand nombre de coupures, qui ont réduit dans de fortes proportions les longueurs des cours d'eau. C'est ainsi que le parcours primitif a été ramené :

Pour la Tisza, de 1,200 kilomètres à 747 kilomètres par 112 coupures;

Pour la Feher-Körös, de 118 à 78 kilom. 8, par 65 coupures et un canal de 12 kilomètres;

Pour la Fekette-Körös, de 136 kilom. 4 à 74 kilomètres, par 59 coupures;

Pour la Sebes-Körös, de 162 kilom. 2 à 86 kilomètres, par 22 coupures et un canal de 19 kilom. 5;

Pour la Berettyo, de 269 à 91 kilomètres, par 44 coupures et 2 canaux de 19 et de 32 kilomètres;

Pour la Kettös-Körös, de 84 à 37 kilom. 2. par 14 coupures et un canal de 14 kilomètres;

Pour la Harmas-Körös, de 234 à 91 kilom. 8, par 39 coupures;

Pour la Maros, de 191 à 120 kilom. 8, par 27 coupures;

Pour la Szamos, de 186 kilom. 8 à 107 kilom. 8, par 36 coupures;

Pour la Bodrog, de 111 à 46 kilomètres, par 15 coupures.

Ainsi la Tisza et ses affluents ont été, dans leurs cours inférieurs, raccourcis de 1,214 kilomètres, soit de 46 p. 100, par 438 coupures.

Pareillement, le Danube et ses affluents, la Raba, la Vag, la Drave et la Temes, ont été, dans le territoire hongrois, raccourcis de 492 kilomètres, soit de 24 p. 100, par 274 coupures (la Save non comprise).

En définitive, les cours d'eau de la Hongrie, pris ensemble, ont été raccourcis, dans leur cours inférieur, de 1,706 kilomètres, soit de 36 p. 100, par 712 coupures.

Autant que possible, on a exécuté les coupures avec de petites sections, en laissant au courant la charge de les amener aux dimensions voulues. Ce système a donné de bons résultats, surtout dans les régions supérieures, où le courant est plus rapide. Mais dans les régions inférieures, un assez grand nombre de coupures ont dû être élargies par déblaiement et par dragage.

En général, la réduction du parcours et l'endiguement du lit ont amené l'approfondissement des cours d'eau, la baisse de l'étiage, l'écoulement plus rapide et l'exhaussement des crues. Il est à remarquer, toutefois, qu'un écoulement plus rapide permet aux crues des affluents de se succéder dans le cours d'eau principal au lieu de s'y superposer.

Travaux de défense et de desséchement. — En vertu d'une loi de 1836, ces travaux sont exécutés par des sociétés constituées par les riverains intéressés, à l'initiative de la majorité de ces riverains. Les dépenses sont supportées par tous les intéressés en proportion des profits qu'ils en retirent. D'autres dispositions législatives, notamment les lois de 1879, de 1884 et 1885, ont attribué aux bureaux fluviaux ou aux bureaux des travaux publics compétents : la surveillance des travaux de défense; la détermination de l'ordre dans lequel ils devront être exécutés; la délimitation des territoires respectifs des différentes sociétés; le pouvoir d'obliger les sociétés d'endiguement à exécuter à leurs frais les travaux d'utilité générale indispensables. La loi de 1884 a fixé les bases du calcul de la répartition des frais entre les intéressés. Différentes lois ont autorisé le Ministre des finances à consentir aux sociétés des avances de fonds ou des restitutions d'impôt.

La création des sociétés d'endiguement existantes a été inaugurée dans la vallée de la Tisza, lorsque, après les événements de 1848 et 1849, le Gouvernement prononça la dissolution de la Société centrale de la vallée de la Tisza, dont l'action s'étendait sur toute cette vallée.

Il y a maintenant dans le bassin de la Tisza 41 sociétés, qui ont reconstitué la

Société de la vallée de la Tisza, et deux groupes indépendants. Dans le restant du bassin du Danube, il y a 25 sociétés.

La plupart des digues mesurent : 1 mètre au-dessus des plus hautes eaux et 4 mètres de largeur en couronnement, avec des talus de 3 pour 1 du côté de l'eau et de 2 pour 1 du côté des terres. Elles sont renforcées, de ce même côté, par des banquettes de 4 mètres échelonnées sur leur hauteur. Les eaux riveraines rassemblées dans des rigoles de dérivation sont déversées, en cas de crue, au moyen de machines élévatrices.

Les 25 sociétés du Danube englobent 1,056,945 hectares, avec 2,136 kilomètres de digues, 1,092 kilomètres de rigoles de desséchement et 26 établissements élévateurs. Les dépenses montaient à la fin de 1898 à 94,316,000 francs soit, en moyenne, à 89 francs par hectare.

Les 41 sociétés de la Tisza et les deux groupes indépendants englobent 2,050,964 hectares, avec 3,077 kilomètres de digues, 3,125 kilomètres de rigoles de desséchement et 49 établissements élévateurs. Les dépenses montaient, à la fin de 1898, à 223,812,000 francs, soit, en moyenne, à 109 francs par hectare.

Il sera donné plus loin quelques détails sur les plus intéressantes de ces sociétés d'endiguement ainsi que sur les travaux de quelques-uns des bureaux fluviaux.

Le service des eaux est dirigé par M. le conseiller ministériel E. de Kvassay, auquel le Jury a adjoint, au titre de collaborateurs très méritants, MM. L. Farago, chef de la section de l'hydraulique agricole; J. Pech, chef de la section hydrographique; de Kolossvary, conseiller technique. Citons encore, au même titre, M. l'ingénieur en chef de Szilagyi, pour ses nivellements de haute précision; M. l'ingénieur en chef Hayos, pour ses appareils et travaux de jaugeage; M. l'ingénieur en chef de Bogdanffy, pour ses travaux hydrologiques; M. l'ingénieur en chef Sas; M. l'ingénieur F. de Szabo; M. l'ingénieur Sziberth, pour ses études et ses travaux sur la Tisza, et M. G. Fischer, fabricant d'appareils de précision.

Section hydrographique du Ministère de l'agriculture, à Buda-Pesth. — **Service hydrométrique.** — 282 échelles sont établies sur 48 cours d'eau et journellement observées; les indications de 101 d'entre elles sont transmises par le télégraphe. Il existe 406 stations ombrométriques, dont 93 avec communication télégraphique. On s'applique à renseigner tous les intéressés, au jour le jour, sur l'état des principaux cours d'eau et à leur annoncer les crues dont il importe extrêmement, en Hongrie, de connaître par avance l'arrivée et la hauteur. En 1899, l'écart entre la hauteur effective des crues et la hauteur prévue a été compris, 79 fois sur 100, entre 0 mètre et 0 m. 10, 15 fois sur 100 entre 0 m. 10 et 0 m. 20, et seulement 6 fois sur 100 supérieur à 0 m. 20.

Nivellements de haute précision. — Ces nivellements ont été exécutés, de 1890 à 1895 : sur tout le cours du Danube; sur celui de la Tizsa, depuis Nagy-Szöllös, au

pied des Carpathes, jusqu'à l'embouchure; sur la Bodrog, jusqu'à Imreg; sur la Temes, jusqu'à Temesvar; autour du lac Balaton.

La longueur totale nivelée a atteint 4,015 kilom. 9. L'erreur de fermeture a été seulement de 0 m. 013 pour les 1,596 kilom. 5 du circuit de la Tisza; de 0 m. 0125 pour les 968 kilom. 9 du circuit du Danube entre Buda-Pesth et le confluent de la Tisza; de 0 m. 002 pour les 220 kilomètres du circuit du lac Balaton. Elle s'est élevée à 0,028 pour les 506 kilom. 8 du circuit du Danube entre Buda-Pesth et la frontière autrichienne. L'erreur moyenne kilométrique a varié entre 0 m. 00013 et 0 m. 00124; elle a été en moyenne de 0 m. 00056.

État actuel des jaugeages. — La série des jaugeages a été entreprise à partir de 1887. Il en a été fait, jusqu'à ce jour, plus de 800, dont 530 sur la Tisza, une vingtaine sur le Danube, et 266 sur les neuf principaux affluents de la Tisza. On se sert habituellement d'un pont flottant, formé par un plancher, long de 9 m. 50 et large de 5 mètres, appuyé sur deux tubes étanches, en tôle, ayant 10 mètres de long et 0 m. 85 de diamètre, écartés l'un de l'autre de 2 m. 50. Pour déterminer les vitesses, on fait usage du moulinet de Woltmann perfectionné, et parfois de flotteurs, quand la vitesse est très faible. On exécute les sondages à toutes profondeurs : 1° par points déterminés, échelonnés sur une verticale; 2° par la méthode sommaire, dite *intégrale*, qui consiste à faire descendre le moulinet jusqu'au fond de la rivière avec une vitesse aussi uniforme que possible et à déduire la vitesse moyenne de l'eau du nombre de tours de l'ailette et du temps de la descente; 3° par la méthode dite *détaillée*, qui consiste à faire descendre lentement le moulinet (0 m. 20 par seconde), et à noter, pour chaque point de profondeur, au moyen du *chronographe*, le nombre de tours et la durée de la descente depuis le passage au point précédent. L'expérience a montré que la méthode par points déterminés et la méthode détaillée, beaucoup plus rapide que la première, donnent les mêmes résultats, à très peu de chose près. Pour les jaugeages profonds, le câble de suspension de l'appareil se termine par un cylindre en fer de 3 mètres de hauteur et 0 m. 10 de diamètre, au-dessous duquel, à un mètre de distance, une tige en fer porte le moulinet.

Service national des dragages, à Szeged. — Le service des dragages de l'État, sur la Tisza, organisé à partir de 1884, constitue un service spécial de la Direction des eaux au Ministère de l'agriculture. Il n'a pas été possible de se borner à amorcer seulement les nombreuses coupures de la Tisza et de laisser au courant le soin de les creuser.

Il a fallu, notamment pour la sécurité de la ville de Szeged, faire des travaux de déblais, que, par économie, on a exécutés, autant que possible, par dragage. On a étendu ces dragages à d'autres régions, en augmentant la flottille de dragueurs. Elle dessert aujourd'hui, non seulement la Tisza, mais encore le Danube, et se compose de 8 dragues à vapeur, 5 vapeurs à hélice, 1 vapeur à roues, 74 chalands pour le

transport des dragages, 44 chalands à charbon, 1 navire-atelier et 3 navires contenant les logements et les bureaux du personnel. Le plus fort cube annuel, montant à 1,328,433 mètres cubes, a été dragué en 1898, moyennant une dépense de 1,028,096 francs, ce qui fait revenir le prix du mètre cube à 0 fr. 77.

L'ensemble des dépenses de toute nature faites par l'État, jusqu'au 31 décembre 1898, pour la correction de la Tisza, monte à 54,778,500 francs.

Service royal du canal François, à O. Becse. — Le canal François, exécuté de 1795 à 1801, sur une longueur de 122 kilomètres, entre Tisza-Földvar, sur la Tisza, et Monostorszeg, sur le Danube, afin d'abréger le parcours des bateaux qui descendent la Tisza pour remonter le Danube, ou inversement, a été élargi et approfondi de 1870 à 1875. On a construit, en même temps, sous le nom de canal François-Joseph, un embranchement de 68 kilomètres, rejoignant le Danube à Ujvidék, non loin du confluent de la Tisza, et servant à la fois pour la navigation et pour l'irrigation. Ces canaux sont une source de prospérité pour la région qu'ils traversent, non seulement par le débouché qu'ils donnent à ses produits, mais encore par l'eau qu'ils apportent à ses rizières et par la force motrice que procurent à l'industrie locale les chutes de leurs écluses.

Une importante coupure, faite dans la Tisza, devant l'entrée du canal François, a obligé de reporter cette entrée vers l'amont, à O. Becse. Ce travail, motivé par la correction de la Tisza, a été exécuté, de 1895 à 1899, par le Ministère de l'agriculture, moyennant une dépense de 2,756,000 francs. La nouvelle écluse comprend deux sas consécutifs, mesurant chacun 70 mètres de longueur utilisable et 16 mètres de largeur, qui rachètent ensemble la dénivellation de 7 m. 10 comprise entre l'étiage de la Tisza et le plan d'eau normal du canal. Le sas d'amont est muni, à chaque extrémité, d'une porte roulante, qui se dérobe, quand on l'ouvre, dans une coulisse normale au bajoyer.

Les crues de la Tisza pouvant s'élever à 8 m. 85 au-dessus de l'étiage et, par suite, à 1 m. 75 au-dessus du plan d'eau du canal, les portes roulantes sont disposées pour s'appuyer aux seuils et aux bajoyers par l'une ou par l'autre de leurs faces. Elles sont suspendues par l'intermédiaire d'un robuste bâti à un chariot muni de 8 roues (4 de chaque côté), de 1 m. 40 de diamètre, qui roulent sur un pont formé de deux poutres en treillis supportées par 3 pylônes métalliques. La porte la plus haute, intermédiaire entre les deux sas, mesure 16 m. 95 de largeur, 9 m. 17 de hauteur et 1 m. 65 d'épaisseur. Quatre ventelles à jalousies sont disposées à son pied.

Les poutres du pont fixe, espacées de 2 m. 89 d'axe en axe, sont hautes de 2 m. 28; leurs semelles basses s'élèvent à 4 m. 50 au-dessus du couronnement des bajoyers. Le poids de la partie mobile (porte et appareil de suspension) monte à 150 tonnes. Le pont et les pylônes pèsent 53 tonnes. La manœuvre s'opère électriquement.

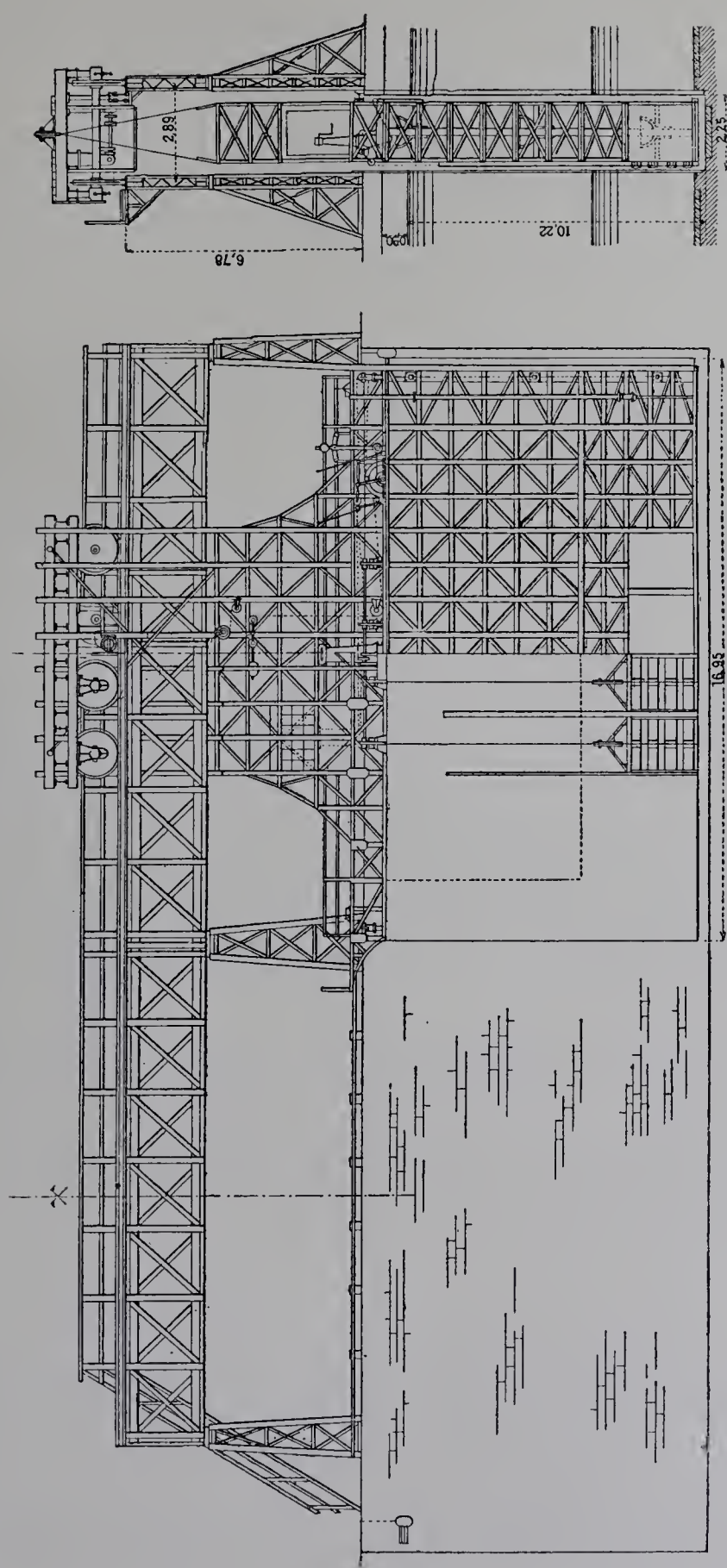


Fig. 149. — Porte roulante de l'écluse d'O' Becse.

Service spécial de la correction de la Morva, à Pozsoni. — La Morva formant frontière entre la Hongrie et l'Autriche, un service mixte a dû être organisé pour en opérer la correction. Les études sont terminées. Le projet est analogue à celui des projets de correction des autres cours d'eau.

Bureaux du service fluvial. — Les travaux des divers bureaux du service fluvial, quoique exposés séparément, forment un ensemble. Parmi ces travaux, dont les explications données précédemment sur l'amélioration des cours d'eau, montrent la haute valeur, le Jury a particulièrement remarqué les suivants :

Bureau du service fluvial à Buda-Pesth. — Les travaux de régularisation intéressant la capitale ont été les premiers entrepris en Hongrie. Le bureau de Buda-Pesth a dirigé, en dernier lieu, les grands travaux d'amélioration exécutés en aval de Buda-Pesth, dans le bras de Promontor, qui limite à l'ouest la longue île de Csepel, travaux poursuivis au-dessous de l'île, jusqu'à Fajsz. On a procédé par digues longitudinales et par épis transversaux. En 1891, on a exhaussé de nouveau les quais de Buda-Pesth, qui s'élèvent maintenant à 9 mètres au-dessus du zéro de l'échelle.

Bureau du service fluvial à B. Gyula. — Travaux de correction des Körös. Pentes extrêmement faibles sur la Harmas-Körös (tronc commun aux 3 körös); dénivellation de 2 m. 18 à l'étiage et de 3 m. 68 en hautes eaux, pour un parcours de 233 kilom. 7. La pente moyenne descend à 0 m. 0093 par kilomètre. Au moyen de nombreuses coupures, on réduit le parcours à 92 kilom. 1, et on relève la pente à 0 m. 0236. Les travaux touchent à leur terme.

Bureaux du service fluvial à Poszony et à Komarom. — Travaux de correction du haut-Danube, commencés en 1886 et terminés en 1896. Dépense : 37.5 millions de francs.

Bureau du service fluvial de Szeged. — Travaux de correction de la Tisza près Szeged. Les premiers travaux de correction de la Tisza ont été entrepris auprès de Szeged, pour défendre cette ville contre les crues. La catastrophe de 1879 démontra l'insuffisance des dispositions adoptées. Il fallut agrandir les coupures en aval de la ville. On procède par dragages, autant que possible.

SOCIÉTÉS DE CORRECTION ET D'ENDIGUEMENT.

Après les explications données précédemment sur l'organisation et sur les travaux des sociétés de correction et d'endiguement, il suffira de mentionner brièvement les plus remarquables de ces travaux, ceux qui ont surtout retenu l'attention du Jury.

Société centrale des riverains de la Tisza, à Buda-Pesth. — Cette Société, qui a son siège dans la capitale de l'État hongrois, rend d'importants services en facilitant,

entre les Sociétés d'endiguement du bassin de la Tisza, un concert très profitable à l'organisation méthodique des travaux et à la solution des questions d'intérêt commun.

Société d'endiguement et de desséchement de Körös-Tisza-Maros, à Szentes. — Le territoire endigué et desséché, compris entre la Körös au Nord, la Tisza à l'Ouest, la Maros au Sud et le pied des coteaux situés à l'Est, occupe 221,000 hectares, avec 196 kilomètres de digues, 743 kilomètres de rigoles d'assèchement et 5 machines élévatoires, d'une puissance totale de 760 chevaux-vapeur. Les dépenses des travaux montent à 28,643,000 francs, soit à 130 francs par hectare. Les frais annuels d'entretien sont de 2 fr. 23 par hectare. Cette entreprise est l'une des plus considérables de la Hongrie, par l'étendue du territoire protégé, et la plus coûteuse de toutes, à raison de l'importance des travaux et du soin apporté à leur exécution. Elle a été conduite suivant un projet d'ensemble et menée à bien, à partir de 1885, après la fusion en une société unique de plusieurs sociétés locales, qui agissaient isolément, sans entente mutuelle. Le succès est dû surtout à MM. de Fekete, directeur général, et de Biro, ingénieur en chef.

Société d'endiguement et de desséchement de la rive gauche de la Vag, à Tornocz. — Le territoire endigué et desséché occupe, le long de la Vag, puis, sur une petite étendue, le long du Danube, jusqu'à Komarom, une bande d'environ 65 kilomètres de longueur sur 7 kilomètres de largeur moyenne, mesurant en surface 46,191 hectares. Il y a 142 kilomètres de digues, 119 kilomètres de rigoles d'asséchement et 3 établissements élévateurs. Les dépenses des travaux montent à 8,440,000 francs, soit à 183 francs par hectare. Les frais annuels d'entretien s'élèvent à 4 fr. 60 par hectare. Il a fallu établir des digues, non seulement le long de la Vag et du Danube, mais encore sur les deux rives des rivières Nyitra et Zsitva, qui traversent la plaine. C'est en 1885 que s'est formée la Société actuelle, après plusieurs autres, qui s'étaient successivement dissoutes. A la suite de la grande crue du Danube de septembre 1899, qui surmonta les digues et inonda la plaine inférieure, il se produisit dans la Société de tels tiraillements qu'il fallut en suspendre l'autonomie et la faire gérer par un commissaire ministériel. On peut juger par là de l'étendue des pouvoirs de l'État. L'entreprise dont il s'agit a d'ailleurs été fort bien conduite par M. Mezey, son ingénieur en chef.

Société d'endiguement et de desséchement de la région Heves-Szolnok-Jasz. — Territoire situé sur la rive droite de la Tisza, mesurant 63,048 hectares, menacé de tous côtés par la Tisza et trois autres cours d'eau. Longueur des digues : 117 kilomètres; longueur des rigoles de desséchement 483 : kilomètres; 5 établissements élévateurs. Dépense des travaux : 10,295,000 francs, soit 163 francs par hectare. Frais annuels d'entretien : 3 fr. 80 par hectare. Les crues de 1876, 1879, 1881 et 1888 ayant

atteint des niveaux de plus en plus élevés, il a fallu rehausser à plusieurs reprises les digues de protection.

Société de correction du cours supérieur de la Bodrog, à Töke-Terebes. — Territoire de forme allongée, situé tout au nord des plaines submersibles du bassin de la Tisza, parcouru en longueur par l'Ondova et la Tapoly, borné au Sud par la Bodrog; superficie : 22,940 hectares; longueur des digues : 123 kilomètres; longueur des rigoles de desséchement : 65 kilomètres. Dépenses des travaux : 4,179,000 francs, soit, par hectare, 182 francs. Frais annuels d'entretien : 2 fr. 30 par hectare.

Société d'endiguement de la Tisza (Comitat Szabolcs inférieur), à Debreczen. — Territoire occupant la rive gauche de la Tisza, entre Dorogma et Tokaj, sauf 15,000 à 16,000 hectares, situés au Nord, sur la rive droite. Superficie totale : 223,121 hectares; longueur des digues : 186 kilomètres. Dépenses des travaux jusqu'à fin 1898 : 10,330,000 francs, soit, par hectare : 46 francs. Frais annuels d'entretien : 0 fr. 40 par hectare. Le desséchement de la plaine endiguée a été décidé en 1895; le projet est à l'étude. En attendant, les digues sont munies de 7 pertuis et de 2 conduits pour l'écoulement des cours d'eau.

MINISTÈRE DU COMMERCE, À BUDA-PESTH.

MM. J. de Csoergeo, secrétaire d'État, et E. Izsaky, conseiller technique.

Les Portes-de-Fer. — Les travaux de la dernière section du Danube, entre O. Moldova et les Portes-de-Fer, intéressant la navigation et non plus l'agriculture, l'exécution en a été attribuée au Ministère du commerce.

En 1871, le traité de Londres avait autorisé les puissances riveraines du Danube à faire disparaître les obstacles à la navigation, connus sous le nom de *Portes-de-Fer*. En 1878, le traité de Berlin confia cette tâche à l'Autriche-Hongrie, qui l'attribua à la Hongrie. Une direction technique spéciale, instituée en 1889, avec M. le conseiller E. Wallandt pour chef, dressa les plans des travaux, qui furent exécutés, du 18 août 1890 au 21 septembre 1898, avec les appareils de dérochement, construits et mis en œuvre par M. H. Luther, constructeur-mécanicien à Brunswick.

La chute du Danube, depuis O. Moldova jusqu'au-dessous des Portes-de-Fer, sur 106 kilomètres, est de 24 m. 31.

Les seuils rocheux formant cataracte, qui s'opposent à la navigation, sont au nombre de cinq : Stanka, avec 0 m. 76 de chute; Kozla-Dojke, avec 1 m. 60 de chute; Izlas-Greben, avec 3 m. 49 de chute; Jucz, avec 2 m. 73 de chute; Portes-de-Fer, avec 4 m. 28 de chute. Les quatre premiers sont franchis au moyen de chenaux de 60 à 70 mètres de largeur, creusés dans le rocher à 2 mètres au-dessous de l'étiage, et mesurant en longueur : 3,500 mètres à Stenka, 4,300 mètres à Kozla-Dojke,

3,800 mètres à Izlas-Greben et 1,300 mètres à Jucz. Le rapide des Portes-de-Fer est franchi au moyen d'un canal latéral. Ces ouvrages sont complétés par les suivants, établis surtout en vue des grandes eaux, afin de ménager une transition entre le

Fig. 150. — Plan du Danube entre O. Moldova et les Portes-de-Fer.

brusque passage d'un étranglement à un épanouissement du lit. On a coupé, à cet effet, sur une épaisseur de 150 mètres, jusqu'au niveau des eaux moyennes, le promontoire rocheux de Greben, qui s'élève à une centaine de mètres de hauteur. On a,

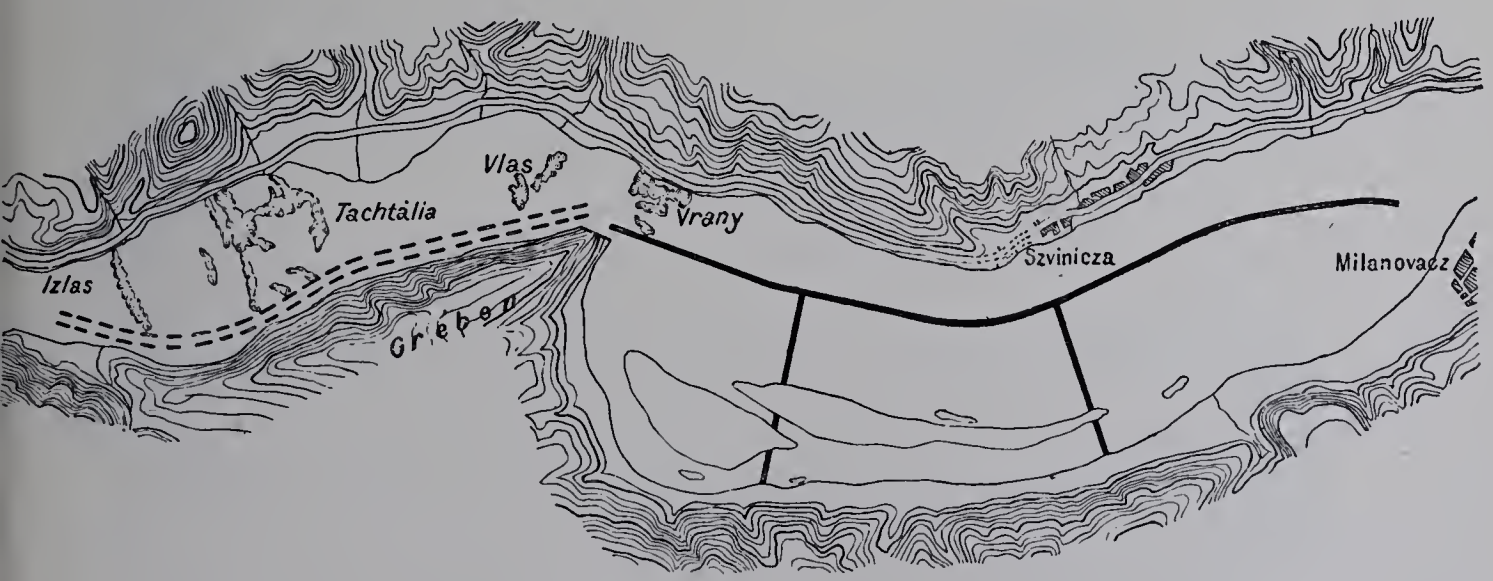


Fig. 151. — Plan du Danube au promontoire de Grèben.

de plus, en aval des seuils de Greben et de Jucz, encaissé le lit du fleuve par des digues de rétrécissement, qui mesurent, en longueur, 5,600 mètres à Greben et 2,900 mètres à Jucz.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Le canal des Portes-de-Fer longe la rive serbe; il a 1,720 mètres de longueur, 72 mètres de largeur au plafond et 3 mètres de profondeur au-dessous de l'étiage. Il est limité par des digues insubmersibles, hautes d'environ 6 mètres au-dessus des basses eaux. La digue extérieure, exposée au courant sur ses deux faces, mesure

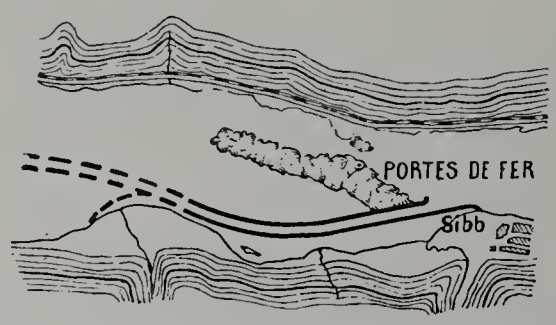


Fig. 152. — Plan du Danube aux Portes-de-Fer.

4 mètres en couronne; ses talus sont inclinés à 2 pour 1 du côté du fleuve et à 3 pour 2 du côté du canal; elle est formée d'un noyau en remblai enveloppé de blocs naturels et revêtu en maçonnerie au-dessus des eaux moyennes. La digue intérieure est un remblai de 6 mètres en couronne, protégé seulement du côté du canal. On a commencé par construire les digues et on les a réunies l'une à l'autre, aux deux extrémités du canal, par des barrages provisoires qui ont permis d'exécuter à sec les dérochements, sauf dans les emplacements des barrages provisoires et dans les chenaux en rivière donnant accès au canal.

Fig. 153. — Coupe transversale du canal des Portes-de-Fer.

Dans ces parties, comme dans les chenaux des quatre autres rapides, les dérochements ont été faits, en plein courant, au moyen d'engins spéciaux montés sur des bateaux. Ceux-ci, disposés différemment selon leur destination, étaient représentés, dans la section hongroise de l'Exposition, par des modèles très soigneusement exécutés :

1° *Bateau sondeur* servant à relever exactement le plafond rocheux. Il se compose d'une plate-forme de 20 mètres de longueur et de 10 mètres de largeur, montée sur deux pontons et percée de six fentes longitudinales, espacées de 1 mètre. Chaque fente est disposée entre deux rails. Sur ces rails roulent deux chariots munis de barres verticales graduées, placées aux quatre angles d'un carré de 1 mètre de côté. Les barres

repérées en hauteur par rapport à un point fixe de la rive, sont descendues jusqu'au rocher; le courant ne les fait pas dévier. Chaque position du chariot fournit un groupe de 4 cotes. Chaque position du bateau permet de lever 50 groupes, soit 200 cotes.

2° *Bateau dérocheur,* composé de deux pontons réunis par un pont qui supporte le bâti de la dérocheuse. Celle-ci consiste en une tige en fer, de section carrée, mesurant 0 m. 40 de côté au milieu de la longueur et 0 m. 20 de côté au sommet. Cette tige, terminée par un biseau en acier, forme un trépan, lourd d'environ 9 tonnes, qu'on soulève mécaniquement et qu'on laisse retomber à la façon d'un mouton de sonnette. Le bâti, en forme de trépied, est haut d'environ 13 mètres. Quand le rocher n'est pas très dur, la dérocheuse suffit pour le concasser. Lorsqu'il est très dur, il faut user du bateau foreur.

3° *Bateau foreur.* — C'est un large bateau, maintenu immobile par quatre pieds, deux à l'avant et deux à l'arrière, fortement appuyés contre le fond par pression de vapeur ou pression hydraulique, de manière que la coque, légèrement soulevée, charge suffisamment ces étais. Tantôt les foreuses, mobiles isolément sur des rails, sont disposées sur une seule ligne, à l'arrière ou sur le côté du bateau, tantôt elles sont montées à plusieurs sur un chariot mobile. Quand un trou de mine est percé, on le nettoie avec un jet d'eau et on y introduit une cartouche à l'aide d'un tuyau conducteur; puis la foreuse avance sur les rails pour percer d'autres trous. Lorsque toutes les mines d'une même ligne sont chargées, on soulève les pieds, le bateau s'éloigne à 20 ou 25 mètres de distance et on fait partir électriquement toutes les mines à la fois.

4° *Dragues.* — Des dragues à godets ou à cuiller effectuaient le dragage général des déblais, tandis que des dragues à mâchoires et des dragues à chapelet enlevaient : les premières, des blocs isolés; les secondes, les menus déblais laissés par les dragues à godets.

5° *Bateau universel.* — Il fallait, une fois les dragages terminés, s'assurer que le chenal était partout à la profondeur voulue, qu'il n'y restait ni pointe de rocher, ni éboulis. Un bateau spécial a été disposé pour opérer cette vérification et pour enlever en même temps les obstacles découverts au cours des sondages. Ceux-ci s'effectuent au moyen de cadres pouvant glisser dans des coulisses, qu'on promène au fond de l'eau, suivant une marche systématique, de manière à les faire passer partout. Le bateau universel porte en outre un trépan dérocheur et une drague.

Les dépenses de la régularisation du bas Danube, estimées à 19 millions de francs en 1888, se sont élevées, en définitive, à 39 millions de francs. D'importantes dépenses supplémentaires, telles que la construction, à Orsova, d'un quai de transbordement de 700 mètres, et l'approfondissement à 3 mètres sous l'étiage, au lieu de 2 mètres, du canal des Portes-de-Fer, ont notablement contribué à cette augmentation de dépenses.

Les résultats obtenus sont considérables. Autrefois, les chalands du bas Danube chargés communément à 1 m. 80 de tirant d'eau ne pouvaient franchir les Portes-de-Fer que lorsque l'échelle d'Orsova marquait 3 m. 80 au-dessus du zéro, ce qui n'avait

lieu, en moyenne, que pendant 91 jours par an. Aujourd'hui ces chalands peuvent être remorqués des Portes-de-Fer à O. Moldova, lorsque l'échelle d'Orsova marque 0 m. 80 au-dessus du zéro, ce qui a lieu en moyenne pendant 271 jours par an. Le remorquage se fait par bateaux à vapeur ou par touage sur une chaîne noyée.

Aux noms des collaborateurs, précédemment cités, du Ministère du commerce, ajoutons ceux de MM. les conseillers de section Béla de Gonda et Hoszpotzky, qui ont publié d'intéressantes relations des travaux exécutés sur le bas Danube.

Port de Fiume (Ministère du commerce). — Le port de Fiume était un très petit port en 1872. On en a fait depuis un grand établissement maritime, moyennant une dépense de 71,820,000 francs. Le tonnage de jauge a passé de 325,000 tonnes, en 1872, à 2,954,000 tonnes, en 1898. Le tonnage des marchandises a passé, dans le même intervalle, de 167,000 tonnes à 1,060,000 tonnes. Le port actuel comprend : 53 hectares de surface d'eau, 70 hectares de terre-pleins, 5,800 mètres de quais, 10 hectares de surface couverte par des entrepôts, 45 kilomètres de rails, 6 grues flottantes à vapeur, dont une de 30 tonnes, 14 grues à main, 31 cabestans, 10 remorqueurs, etc. De grands espaces pour dépôts de bois existent vers l'est, sur les deux rives de la rivière Recina et le long du canal Fiumara.

Le port, en bordure sur la ville et sur la gare, comprend : à l'Ouest, quelques petits ports à destinations spéciales, échelonnés sur la côte, puis le port principal de 41 hectares 8, abrité par une jetée de 1,378 mètres de longueur, à peu près parallèle au rivage; ensuite le port Baross, de 6 hectares 5, situé en avant et à l'Est du port principal et abrité par une jetée de 520 mètres. Le port principal est divisé en 3 bassins, par autant de môles, de 80 mètres de largeur, de 120 à 210 mètres de longueur, laissant entre leurs têtes et la grande jetée des passes de 228 à 150 mètres. On accède au port Baross par une passe de 50 mètres, ménagée entre deux épis.

La difficulté pour le port de Fiume était la raideur de la côte, qui donne lieu à de grandes profondeurs. Les jetées sont construites par des fonds de 36 à 40 mètres, les têtes des môles par des fonds de 20 mètres. De là, nécessité de très grandes masses d'enrochements. On a tiré ceux-ci des carrières voisines et on les a amenés par eau ou par terre. Le corps de la jetée, construit en enrochements de diverses catégories, est surmonté de deux assises de blocs artificiels de 25 tonnes, sur lequel est bâti un mur de garde en maçonnerie. La mer n'étant pas forte, on a employé seulement 171,000 mètres cubes de blocs artificiels contre 18,650,000 tonnes d'enrochements.

La majeure partie du port principal bordant la mer forme port franc.

Le directeur des travaux du port est M. le conseiller de section Hajnal.

Ministère du commerce. (*Musée royal des moyens de transport. — Direction de la fabrique de machines des chemins de fer de l'État et des aciéries de Diosgyör. — Nouveaux ponts de Buda-Pesth.*)

Pont François-Joseph (1894-1896). — Ce remarquable ouvrage, situé à 1,200 m. en aval du vieux pont suspendu, est un pont cantilever à trois travées, articulé

sur les deux supports intermédiaires, qui offre, dans son ensemble, à peu près l'aspect d'un pont suspendu. Les semelles hautes et basses, toutes deux courbes dans chaque travée, sont réunies l'une à l'autre par des montants et par des barres obliques, composant un treillis en N.

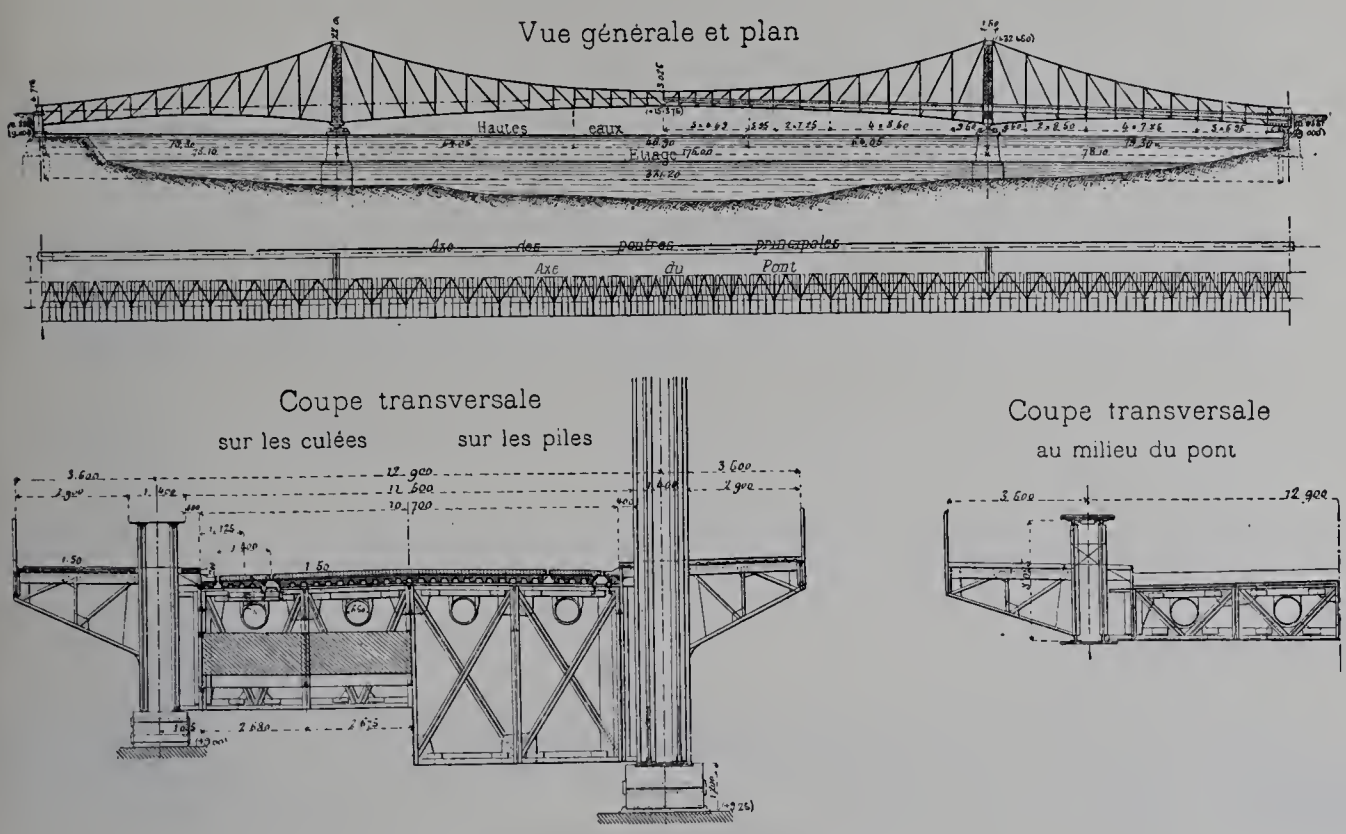


Fig. 154. — Le pont François-Joseph à Budapesth.

La travée centrale mesure 175 mètres d'axe en axe des pylônes, et chaque travée de rive mesure 79 m. 30 de l'axe du pylône à l'extrémité. La longueur totale est de 333 m. 60. Les ouvertures libres sont de 170 m. 70 pour la travée centrale et de 70 mètres pour chaque travée de rive, soit, en tout, 322 m. 70. Les fermes de tête sont espacées de 12 mètres d'axe en axe, laissant entre elles 11 mètres d'ouverture libre pour la chaussée. Des trottoirs de 2 m. 90 sont, de chaque côté, portés en encorbellement par des consoles. Les fermes mesurent en hauteur 4 m. 714 aux culées; 22 mètres au droit des piles, et 3 m. 025 au milieu du pont.

Les piles et les culées, construites en maçonnerie, ont été fondées à l'air comprimé, à une profondeur maximum de 13 m. 20 pour l'une des piles. Les petites travées et les quatre premiers panneaux de la grande travée ont été montés sur des échafaudages fixes. Le restant de la grande travée a été monté en porte à faux, avec l'aide d'un échafaud flottant.

Le poids total des métaux atteint 6,076 tonnes, dont 4,620 tonnes d'acier laminé, et 1,218 tonnes de fonte, pour les contrepoids des extrémités des petites travées. La dépense totale a été de 5,325,000 francs, soit de 886 francs par mètre carré de

tablier. La substructure a coûté, avec la chaussée, 2,020,000 francs, et la superstructure, 3,305,000 francs.

Pont de la place du Serment. — Ce pont, situé entre le vieux pont suspendu et le pont François-Joseph, a été commencé en 1898 et doit être terminé en 1901. C'est un pont suspendu, comportant, sur chaque tête, deux chaînes superposées et une poutre raidissante. Les pylônes oscillants sont espacés de 290 mètres d'axe en axe; l'ouverture libre est de 280 m. 70. Les poutres raidissantes se prolongent au delà des pylônes, jusqu'aux culées d'amarrage, formant ainsi deux petites travées de rive de 44 m. 30 de portée et de 35 m. 50 d'ouverture libre. Ces poutres ont leurs semelles supérieures rectilignes et leurs semelles inférieures courbées en arc de cercle, tant dans les petites travées que dans les grandes. Elles traversent les pylônes, auxquels elles sont suspendues par des bielles, articulées, d'une part, avec le pylône, d'autre part, avec la poutre, de manière que l'allongement ou le raccourcissement du tablier par l'effet des variations de température ne soit en rien contrarié par la fixité des appuis des pylônes et qu'il produise librement tout son effet à la rencontre des culées, où il est facile d'établir un joint mobile. L'écartement des câbles est de 20 mètres d'axe en axe et la largeur de la chaussée, trottoirs compris, est de 18 mètres.

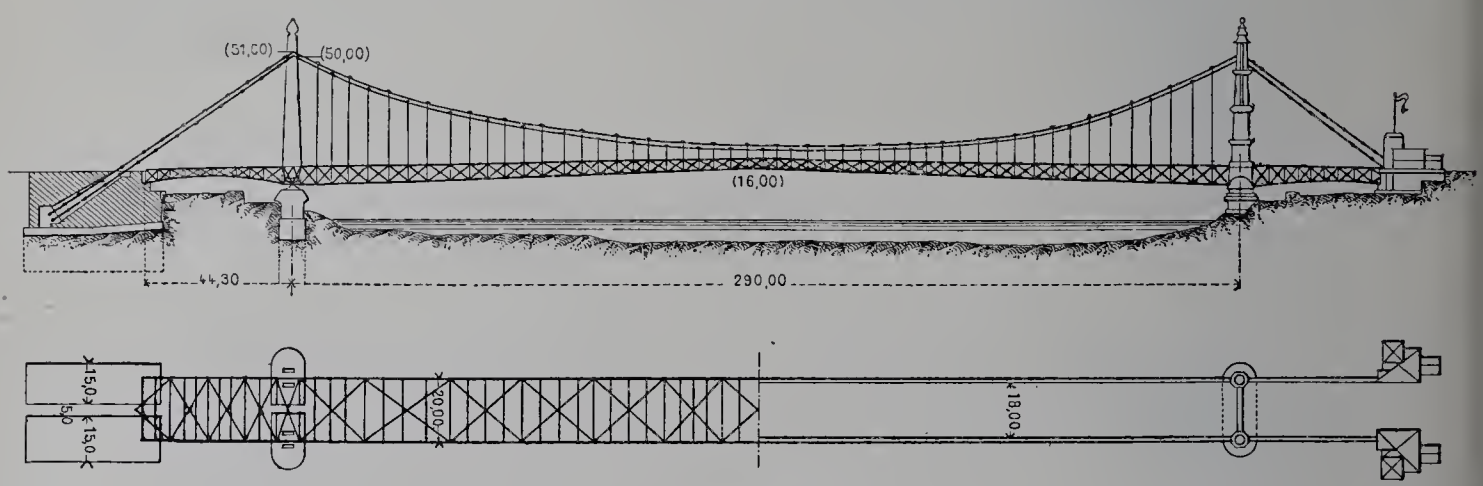


Fig. 155. — Pont de la place du Serment, à Budapesth.

Les piles et les culées, construites en maçonnerie, sont fondées à l'air comprimé, à une profondeur maximum de 9 mètres.

Le poids du métal est évalué à 10,990 tonnes. C'est de l'acier laminé. On estime la dépense totale à 12,500,000 francs, dont 5 millions pour la substructure et 7,500,000 francs pour la superstructure métallique. Celle-ci a été fournie, pour le pont de la place du Serment comme pour le pont François-Joseph, par l'usine de Diosgyör, appartenant aux chemins de fer de l'État. L'auteur du projet du pont de la place du Serment est M. le conseiller ministériel Czekelius, qui dirige les travaux avec l'assistance de MM. les ingénieurs en chef V. Nagy et J. Pischinger. Les modèles d'ensemble et de détail de ce pont, exécutés avec le plus grand soin, ont été exécutés par les soins du Musée royal des moyens de transport.

CROATIE-SLAVONIE.

La Croatie, de même que la Hongrie, expose surtout des travaux de correction de cours d'eau et d'assainissement de terrains submersibles. Mais ces travaux qui s'appliquent parfois à de simples ruisseaux, ne sont encore, le plus souvent, qu'à l'état de projets. Le plus intéressant de ceux-ci a pour objet la *régularisation de la Karasica et de la Vucica.* Il comprend l'exécution, sur une centaine de kilomètres, d'un grand nombre de coupures, destinées à supprimer les sinuosités extrêmement prononcées du lit de ces rivières.

Le Gouvernement royal de Croatie-Slavonie-Dalmatie expose son *service hydrométrique,* service bien organisé, comprenant des stations ombrométriques, des échelles de hauteurs d'eau, des stations de jaugeage.

ITALIE.

Ministère des travaux publics, à Rome. (*Publications, cartes, dessins et modèles relatifs aux travaux publics.*) — L'exposition du Ministère des travaux publics, organisée avec un grand soin par M. l'inspecteur général du Génie civil D. Bocci, et par M. l'ingénieur E. Giordano, comprend de très nombreux documents, distribués en deux parties.

Première partie. — Collection, en 21 volumes, de documents montrant le développement, de 1860 à 1897, des diverses branches des services de travaux publics: Routes nationales, provinciales et communales; chemins de fer et tramways; travaux hydrauliques fluviaux; navigation intérieure; syndicats hydrauliques de défense et d'assainissement; améliorations agricoles; ports maritimes et phares; travaux d'édilité; postes et télégraphes.

A ces 21 volumes s'en ajoutent 79 autres, contenant les mémoires et les publications faits, sur les sujets précités, par les ingénieurs et fonctionnaires de l'Administration des travaux publics.

Deuxième partie. — Documents officiels : statistiques, monographies, dessins, photographies, modèles et autres renseignements, au nombre de 376, relatifs aux ouvrages de travaux publics énumérés ci-dessus, et répartis en trois sections, intitulées : viabilité ordinaire, édilité; travaux hydrauliques; chemins de fer.

L'ensemble de ces volumes, atlas et albums, représente l'histoire des travaux publics en Italie, depuis la création du royaume d'Italie. La collection des documents exposés se rapporte donc à une période de trente années, et s'étend, par suite, à beaucoup de travaux exécutés avant 1889 et, dès lors, trop anciens pour que le Jury ait pu, tout en appréciant la haute valeur donnée à cette exposition par son caractère national, les prendre en considération.

La période comprise entre les Expositions de 1889 et de 1900 paraît avoir été, pour l'Italie, en ce qui concerne l'exécution des travaux publics, une période de calme relatif. La longueur des chemins de fer exploités, ayant seulement passé de 12,807 à 15,723 kilomètres, du 31 décembre 1889 au 31 décembre 1899, ne s'est accrue que de 2,916 kilomètres pendant cet intervalle de dix années. Dans les ports maritimes, on n'a pas exécuté d'ouvrages neufs de premier ordre. C'est, en définitive, à des corrections de cours d'eau, notamment à la correction du Tibre dans la ville de Rome, et à des desséchements de territoires submergés ou marécageux, que se rapportent les travaux les plus notables accomplis dans les dernières années.

Faute de pouvoir, vu le grand nombre des documents exposés, passer en revue toutes les œuvres auxquelles ils se réfèrent, nous rendrons compte de quelques-unes de celles-ci, choisies parmi les plus intéressantes.

TRAVAUX DE CHEMINS DE FER.

Ligne de Gênes à Ovada et Asti (1889-1894), construite par la Société italienne des chemins de fer de la Méditerrannée, et décrite dans le compte rendu très intéressant, donné par cette société, des travaux qu'elle a exécutés, de 1885 à 1897. La ligne en question a été faite pour doubler la ligne trop chargée de Gênes à Alexandrie. Elle est à voie unique, sauf dans l'étendue du long souterrain du Turchino, franchissant le faîte de l'Apennin, qui a été disposé pour deux voies. Sa longueur entre Gênes et Asti est de 103,655 mètres, sur lesquels 97,880 m. 30 étaient à construire, le point de départ, du côté de Gênes, se trouvant à 5,774 m. 70 de cette ville. Les conditions à remplir étaient celles d'une ligne d'intérêt général, appelée à desservir un jour un important trafic; maximum des déclivités, 0.016; minimum du rayon des courbes, 450 mètres.

A partir de Gênes (cote 16 m. 50), la ligne s'élève rapidement le long de la côte, en coupant de nombreux et profonds ravins; puis, se détournant vers le nord, franchit l'Apennin, à 326 mètres au-dessous du faîte, par le grand tunnel de Turchino, en rampe continue de 0.012, atteint son point culminant (cote 355 m. 32) au sortir du tunnel, suit le cours de la Stura, coupe successivement les vallées de l'Orba, de la Bormida, du Belbo, et aboutit à Asti (cote 117 m. 24) après avoir traversé le Tanaro. Sur la première moitié du parcours, le terrain est rocheux, composé de serpentines et de schistes; sur la seconde moitié, il est marneux et argileux.

A raison de la nature très accidentée du terrain et des conditions de déclivité et de rayon de courbure imposées pour le tracé, il a fallu construire un grand nombre d'ouvrages d'art, dont plusieurs sont très importants.

Il y a 35 souterrains, mesurant ensemble 25,932 mètres, dont:

Souterrain de Turchino	6,447m 64
Souterrain de Cremolino	3,408 16
Souterrain d'Alice-Bel-Colle	1,946 32

On compte 37 autres grands ouvrages, ponts et viaducs, mesurant ensemble 3,054 mètres, dont quatre viaducs en maçonnerie, avec arches de 18 m. 50, savoir:

	LONGUEUR. — mètres.	HAUTEUR. — mètres.
Viaduc de Chiaravagna (10 arches)	230	39
Viaduc de Varenna (9 arches)	200	57
Viaduc d'Acquasanta (11 arches)	260	53
Viaduc de Ceresolo (6 arches)	137	46

Il existe en outre plusieurs travées métalliques, dont la plus longue atteint 60 m. 60; 10,530 mètres de murs de soutènement ou de protection et 321 petits ouvrages d'art.

Ligne de Cuneo à Ventimiglia. *Souterrain du col de Tende.* — L'exécution du souterrain du col de Tende, long de 8,100 mètres, a donné lieu à un travail très long et extrêmement difficile, par suite de la rencontre, à 1,625 mètres de la tête sud, d'une faille de 43 m. 44 d'épaisseur, remplie de matières boueuses semi-liquides et de gros blocs. On avait commencé par creuser la galerie d'avancement en usant d'armatures en bois, mais la lenteur et la difficulté du travail, causées surtout par la rencontre des gros blocs, ont conduit à substituer à l'armature en bois une armature métallique. Celle-ci, d'une disposition nouvelle, se compose de cadres en acier, à montants inclinés en dehors et à linteau en arc de cercle, espacés de 0 m. 90, qui soutiennent une succession d'enveloppes évasées se recouvrant en partie les unes les autres. Ces enveloppes sont formées par des lames d'acier, se couvrant l'une l'autre sur les bords, que l'on enfonce successivement dans le front d'attaque en les chassant à coups de maillet ou en les poussant à l'aide d'une vis de pression. Elles sont terminées en pointe et renforcées par une nervure, afin de pouvoir, par des chocs répétés, briser les blocs qu'elles viennent à rencontrer. On les guide exactement en direction, en les faisant passer par une coulisse ménagée dans le cadre et en leur donnant un point d'appui contre le cadre posé précédemment. On les maintient plus tard avec des fourrures en bois appuyées sur le bord extérieur du nouveau cadre, placé en avant de celui

Armature métallique de la galerie d'avancement.

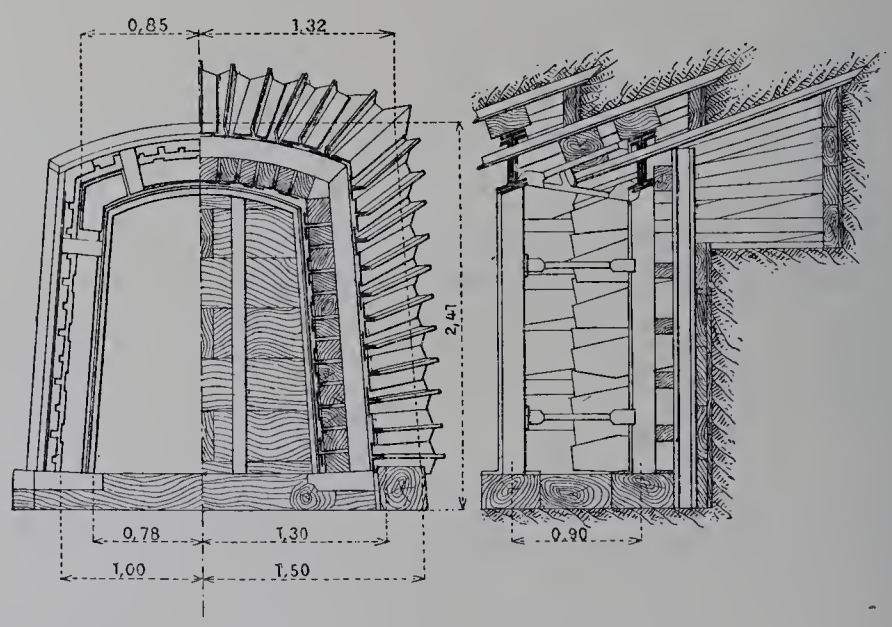


Fig. 156. — Souterrain du Col de Tende.

dont elles traversent la coulisse. On obtient ainsi une galerie très robuste et bien close, capable de résister aux énormes pressions exercées par la masse coulante qui encombre la faille. Cette matière est contenue, devant le cadre posé en dernier lieu, à l'abri de l'enveloppe évasée partant de ce cadre, par un masque en bois, composé de forts madriers, que les lames d'acier de l'enveloppe ont traversés pour s'enfoncer dans le terrain. Il s'agit de reporter ce masque en avant en déblayant par derrière, sans

amener d'irruptions boueuses. On procède à cette délicate opération par de petits avancements partiels, conduits successivement avec de grandes précautions. Le succès dépend de l'adresse et de la prudence des ouvriers.

Au fur et à mesure que la galerie d'avancement se poursuit par la pose de cadres successifs, entretoisés les uns avec les autres, on l'élargit latéralement, de manière à cintrer complètement la voûte, on construit cette voûte, puis les pieds-droits et enfin le radier. Ces opérations s'exécutent avec des étrésillons en bois, selon les procédés ordinaires, mais toujours par petites parties et avec beaucoup de précaution. Voûtes, pieds-droits et radier sont très épais (voûte, 2 mètres; pieds-droits, 2 m. 50; radier, 1 m. 35). Les travaux de traversée de la faille ont duré du 1er décembre 1894 au 21 mars 1896, ce qui donne, pour les 43 m. 44 de cette traversée, un avancement journalier moyen de 0 m. 09. La dépense s'est élevée à 300,673 francs, soit à 6,921 fr. 50 par mètre courant.

PORTS MARITIMES.

Port de Gênes. — Le trafic du port de Gênes a peu varié depuis 1889. Il était alors de 4,108,890 tonnes. Il s'est abaissé à 3,394,601 tonnes, en 1893, pour remonter à 4,957,131 tonnes, en 1898, et arriver, en 1899, au chiffre de 4,354,480 tonnes. Les établissements du port suffisent à peine au trafic, et les agrandissements qu'on y apporte peu à peu parent à peine aux besoins les plus pressants. Les grands projets qu'on a présentés ont été ajournés. On s'est contenté de construire un nouveau môle et de nouveaux quais, et d'agrandir deux môles, de manière à porter de 6,700 à 8,600 mètres la longueur des quais aptes à recevoir les grands navires; de construire deux nouvelles formes de radoub, de 160 mètres et de 200 mètres de longueur, un bassin de radoub flottant, de nouveaux hangars et de grands magasins à plusieurs étages et d'augmenter ou de perfectionner l'outillage.

Port de Venise. — Des dépenses considérables avaient été faites pour améliorer et approfondir les passes de Malamocco et de Lido, et pour accroître le mouillage dans les emplacements du port destinés aux grands navires. On travaille à obtenir partout un tirant d'eau de 9 mètres. 750 mètres de nouveaux quais sont en construction. On s'occupe de développer l'outillage : voies ferrées, magasins et instruments de manutention.

Port de Livourne. — Le trafic du port de Livourne s'est élevé, par une progression constante, de 719,575 tonnes, en 1895, à 929,431 tonnes, en 1898. Les travaux achevés depuis 1889 ou en cours d'achèvement sont les suivants : allongement de 33 mètres du bassin de radoub, qui mesurait seulement 100 mètres de longueur; approfondissement d'une zone de 260 mètres de largeur le long de la jetée curviligne afin de porter le mouillage de 8 à 9 mètres; approfondissement de l'ancien port médicéen, afin d'en porter le mouillage de 7 mètres à 8 m. 20; construction du brise-lames

de la Vegliaia, destiné à défendre l'avant-port contre les vents du sud; construction d'un quai de 200 mètres avec 8 m. 50 de tirant d'eau; amélioration des abords de la darse du port franc, en vue de l'établissement de voies ferrées; dérasement jusqu'à 9 mètres de profondeur des bancs rocheux situés à l'entrée nord du port, et creusement d'un chenal d'accès à cette entrée, sur 2 kilomètres de longueur et 150 mètres de largeur.

L'ensemble de ces travaux représente une dépense d'environ 8 millions.

Port de Civita-Vecchia. — Le môle a été prolongé de 400 mètres, moyennant une dépense de 7 millions de francs, y compris 285,000 francs employés à réparer les dommages causés par les tempêtes des 6 et 25 janvier 1895.

Port de Palerme. — On a approfondi, de 3 m. 50 à 7 mètres, une surface d'eau de 2 hect. 4 au prix de 1,765,000 francs. On exécute des quais pour 950,000 francs et un bassin de radoub de 175 mètres de longueur moyennant 3 millions de francs.

CORRECTIONS DE COURS D'EAU, COLMATAGES ET ASSAINISSEMENTS.

Les grands travaux de **correction du Tibre dans la province de Rome**, travaux destinés à soustraire cette ville aux inondations qui noyaient périodiquement les rues et les rez-de-chaussée des quartiers bas, furent déclarés œuvre nationale, en 1875. On entreprit les travaux au commencement de 1877. Le Parlement alloua, pour leur exécution, par quatre fois successives, la somme totale de 105 millions, presque entièrement dépensée aujourd'hui.

Ces travaux consistent :

1° Dans l'élargissement et la régularisation de la section du fleuve, portée à la largeur constante de 100 mètres au niveau des basses eaux, et dans la construction, dans la ville, de murs de quai, revêtus en pierre de taille, avec fruit de 1/6, sur une longueur totale de 8,313 mètres;

2° Dans la régularisation, comme ci-dessus, de la section du fleuve, sur deux tronçons, l'un supérieur, l'autre inférieur à Rome, et dans la construction des levées en terre correspondantes, revêtues en pierre, sur une longueur totale de 10,800 mètres;

3° Dans l'approfondissement du lit, sur une longueur de 7,952 mètres;

4° Enfin, dans la construction des collecteurs, destinés à recueillir les eaux des deux rives du Tibre et à les écouler dans ce fleuve en aval de Rome, collecteurs dont la longueur totale atteint 35,000 mètres.

De plus on a construit quatre nouveaux ponts fixes (dont trois aux soins et aux frais de la municipalité) et un pont provisoire; et on a élargi et approprié les quatre ponts existants.

Le *pont Elius, ou pont Saint-Ange,* construit vers l'an 130 par l'empereur Adrien, et dont la masse était restée dans son état primitif, se composait, avant 1892, de trois arches à plein cintre de 18 mètres à 18 m. 70 d'ouverture, accompagnées, sur chaque

rive, d'une arche de 7 m. 45, et, en outre, sur la rive droite, d'une petite arche de 3 m. 55. Le débouché fourni par ces arches, dont celles de rive droite étaient obstruées en partie, se trouvait insuffisant. La grande inondation de 1598 avait emporté la majeure partie du parapet. La crue extraordinaire de 1870, survenue aussitôt après la prise de possession de Rome par le gouvernement italien, mit en évidence la nécessité d'accroître le débouché. On décida de le faire, malgré l'opposition très vive des académies, du Municipe et du Ministère de l'instruction publique. Aux trois grandes arches du pont romain on en ajouta deux autres toutes pareilles, une sur chaque rive et on supprima les trois petites arches susmentionnées, plus deux autres petites arches de 3 m. 50 et de 3 mètres, appartenant à la construction romaine, que mirent à jour, en 1892, les fouilles exécutées sur la rive gauche. En définitive, un pont de cinq grandes arches, avec chaussée horizontale, a remplacé le pont romain de huit arches, dont trois grandes, deux moyennes et trois petites, à chaussée horizontale au-dessus des trois grandes arches, et à chaussée en pente de chaque côté, au-dessus des trois arches secondaires de la rive gauche et des deux arches secondaires de la rive droite. Le pont transformé a été rendu à la circulation le 5 janvier 1895. La dépense s'est élevée à 1,003,485 francs.

Le déblaiement des rives aux deux têtes, amena la découverte très intéressante, non seulement de la rampe d'accès romaine de la rive gauche, percée de deux petites arches et parfaitement conservée, mais encore de grandes étendues de l'ancien pavé, et des extrémités des parapets primitifs, restées en place sur la rive droite et enfouies lors de la restauration qui suivit le désastre de 1598.

Des sondages opérés dans les avant-becs des piles et les fouilles exécutées dans le lit du fleuve, pour démolir les arches secondaires et fonder les nouvelles culées, ont, en outre, montré que les piles et les culées du pont romain avaient été fondées à sec, à de grandes profondeurs, à l'abri de batardeaux comprenant une double enceinte de pieux jointifs.

Le *pont Cestius*, de l'époque romaine, composé d'une grande arche de 23 mètres et de deux petites arches de décharge de 5 m. 83, a dû également être élargi pour donner passage au principal courant du fleuve qui s'écoulait auparavant de l'autre côté de l'île Saint-Barthélemy, dans le bras gauche du Tibre, sous les deux arches du pont Fabricius.

A l'unique grande arche de l'ancien pont Cestius, accompagnée de chaque côté d'une petite arche de décharge, on a substitué, pareillement à ce qu'on avait fait au pont Saint-Ange, trois grandes arches semblables l'une à l'autre, en ayant soin de reconstruire celle du milieu avec les pierres soigneusement déposées et numérotées de l'arche romaine.

Correction de la Brenta. — En 1840, la Brenta, qui depuis trois siècles débouchait dans la mer, fut rejetée dans la lagune de Chioggia, afin de diminuer les ravages que causaient ses crues. Il en résulta de graves dommages pour la lagune, le port et la

ville de Chioggia, si bien qu'on a de nouveau, en mars 1896, fait déboucher la Brenta dans la mer, en lui creusant une nouvelle embouchure. La dépense a dépassé 8 millions.

Travaux de défense et d'amélioration sur l'Adige. — Des travaux considérables, consistant en élargissements du lit et en endiguements, ont été exécutés sur l'Adige, moyennant 12 millions et demi, dans la traversée de Vérone, puis entre Vérone et la mer.

Travaux de défense sur le Pô. — Les crues de la fin d'octobre 1896 et de janvier 1897, ayant gravement endommagé les digues du Pô et rompu l'une de ces digues dans la circonscription de Pavie, il fallut exécuter des travaux de consolidation et d'amélioration, dont la dépense est montée à 10,400,000 francs.

Travaux de correction sur le Reno. — On a dépensé sur le Reno, 3,894,000 fr. en corrections de digues, et, de plus, 650,000 francs pour réparer, sur la rive gauche, une rupture de digues considérable, causée par la crue des 21 et 22 août 1896.

Travaux de défense sur la Piave. — 2,317,000 francs ont été dépensés sur ce cours d'eau en constructions et en réparations de digues.

Travaux de défense sur la Secchia. — On a dépensé, sur la Secchia, 1,722,000 fr. en exhaussements des digues sur plus de 22 kilomètres.

Travaux de défense sur le Panaro. — On a consacré 1,113,000 francs à la restauration des digues du Panaro.

Des travaux du même genre, mais de moindre importance que les précédents, ont été exécutés sur un grand nombre de rivières torrentielles du versant des Alpes ou des versants de l'Apennin. Afin d'épargner aux plaines cultivées le désastre des inondations, on s'attache à enfermer les cours d'eau entre des digues assez hautes et assez fortes pour contenir les crues, et écartées l'une de l'autre de telle sorte que, d'une part, le lit ne soit pas trop large et que, d'autre part, les crues ne montent pas trop haut. On compte obtenir à la longue, un régime stable, par la formation d'une pente naturelle invariable, qui permette aux eaux de porter à la mer exactement ce qu'elles ont pris à la montagne.

Améliorations hydrauliques de la province de Ferrare. — La province de Ferrare, qui occupe presque tout l'ancien delta du Pô, et qui est formée, par suite, de terrains extrêmement peu élevés au-dessus de la mer, est parvenue à expulser les eaux de presque tout son territoire; elle ne les a conservées que là où il y avait avantage à le faire, comme dans les dépressions salées propres à la pêche, telles que les lagunes de Comacchio. Dans les parties hautes, où les terrains sont le plus fertiles, on a pourvu à l'écoulement des eaux, par leur pente naturelle, au moyen d'un réseau de canaux. Dans les terrains bas et dans ceux plus bas que la mer, on se débarrasse mécaniquement des eaux au moyen de machines élévatoires. Ces terrains, autrefois stériles et malsains,

sont devenus fertiles et salubres. Il ne leur manque que l'eau potable pour qu'ils ne laissent rien à désirer tant sous le rapport de l'hygiène que sous celui de la production agricole. Les terrains, mécaniquement assainis, occupent environ le tiers de la surface de la province, soit 90,000 hectares. Il y a 115,000 hectares de terrains à écoulement d'eau naturel et 46,000 hectares de lagunes maritimes.

La bonification du Lamone. — Au VIIe siècle encore, Ravenne était au bord d'une lagune et se trouvait accessible par mer. En 1504, le fleuve Lamone, dont l'embouchure était à Ravenne, et qui avait formé, puis, en grande partie, colmaté la lagune, fut dérivé vers le nord, dans une branche du Pô. Les parties basses restèrent alors couvertes d'eaux stagnantes.

Pour remédier à l'insalubrité qui en résulta, on prit de l'eau vive dans le Lamone, afin d'établir des courants et de continuer le colmatage. Ce travail, commencé en 1531, fut poursuivi, avec plus ou moins d'intelligence et d'efficacité, jusqu'en 1839. A cette date, une crue extraordinaire rompit la digue du fleuve et envahit la Maremme, déjà cultivée sur une grande étendue.

A la suite de ce désastre, il fut décidé, après un examen très attentif, que l'ancien lit du fleuve (celui de 1504), qui enveloppe la Maremme, serait abandonné en aval de la brèche faite par la crue et qu'un nouveau lit serait établi au travers de cette Maremme. Les parties cultivables furent protégées par des digues et les parties basses successivement colmatées au moyen d'une série d'enceintes. La zone méridionale fut colmatée la première. Pour colmater la zone septentrionale, le lit du fleuve a été, en 1888-1889, reporté plus au nord, jusque dans cette zone.

Sur les 8,118 hectares que comprend la Maremme, 4,026, soit la moitié, sont aujourd'hui complètement bonifiés. Le tiers du restant est en bonne voie. Le volume des dépôts faits par le Lamone depuis 1839, et amenés à un état de dessiccation et de compression presque complète, atteint le chiffre de 98,520,000 mètres cubes.

Serrazanetti, à Bologne. — **Appareils pour la défense du lit et des rives des fleuves, torrents, canaux, etc.** — Le système imaginé par M. Serrazanetti consiste dans l'emploi de toiles métalliques à mailles serrées (trois centimètres de côté, tout au plus) pour former des enveloppes cylindriques ou prismatiques, que l'on remplit de pierrailles et que l'on utilise, dans les cours d'eau, en manière de fascines ou de gabions, pour protéger le fond, défendre les berges, clore un faux bras, fermer une brèche, etc. Le diamètre des cylindres varie de 0 m. 20 à 0 m. 50. Ils sont traversés, sur la longueur, par un fil de fer qui, attaché à un piquet planté dans le sol, sert à les maintenir en place. On peut les lier transversalement les uns aux autres par des fils de fer, de manière à former des matelas de protection. Pour clore un faux bras, on appliquera l'un contre l'autre plusieurs rangs de gabions, en appuyant le premier rang contre une estacade à claire-voie, qui soutiendra tout le système. Si, comme il arrive souvent, les tubes (on nomme ainsi les cylindres de faible diamètre) ou les gabions, déchaussés à

leur pied par le courant, viennent à s'enfoncer, on placera sur eux une nouvelle rangée qu'on liera à celle du dessous au moyen des fils de fer disposés suivant les axes des cylindres. Il peut suffire de la simple application d'une toile métallique sur la surface d'un talus pour protéger celui-ci contre l'action accidentelle des eaux courantes.

Société des ingénieurs et architectes, à Turin. — **Comptes rendus, mémoires et dessins.** — Les comptes rendus des travaux de la Société des ingénieurs et architectes de Turin constituent une publication peu volumineuse, mais sérieuse et intéressante.

LUXEMBOURG.

Administration des travaux publics, à Luxembourg. — **Modèle du nouveau pont sur la Pétrusse.** — Le grand pont en maçonnerie sur la Pétrusse, à Luxembourg, a été adjugé en octobre 1899 et doit être terminé le 1er octobre 1902. Le projet en a été demandé à M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées français Séjourné, qui a donné tous les dessins, tant des cintres que du pont.

Celui-ci se compose d'une grande voûte de 84 mètres d'ouverture à son pied, avec tympans évidés par quatre arcades de chaque côté, et de deux voûtes en plein cintre de 21 m. 60 d'ouverture, disposées de part et d'autre de l'arche centrale. Ces deux voûtes sont comprises chacune entre deux robustes piliers à bossages, qui délimitent nettement : d'une part, la grande travée centrale et, d'autre part, les travées de rive, au delà desquelles se développent les évasements des culées. Sur 16 m. 20 de flèche et 72 mètres de corde, la voûte centrale, épaisse de 1 m. 44 à la clef et de 2 m. 16 aux sommiers, est profilée sur les têtes, en forme d'archivolte. Elle se continue jusqu'au rocher, sur 14 m. 80 de hauteur, par des portions d'arc, auxquelles un surcroît d'épaisseur et de vigoureux bossages, rustiquement taillés, donnent l'aspect d'un soubassement. Au pied de ce soubassement, là où l'ouverture de la grande arche atteint 84 mètres, l'épaisseur de la culée est de 9 mètres. La hauteur de la chaussée au-dessus du thalweg de la Pétrusse est de 44 m. 30.

Outre les éléments décoratifs, mentionnés ci-dessus, qui sont attribués à la grande voûte et aux piliers délimitant les travées, il y en a d'autres, distribués dans les parties hautes du pont; impostes et archivoltes des arcades des tympans; consoles du couronnement des piliers à bossages; corniche à boudin régnant sur toute la longueur; garde-corps à balustres sur la grande arche et cartouche sculpté sur la clef de la même arche, tous ornements simples et largement traités, appropriés au caractère que doit offrir un pont monumental.

L'arche centrale du pont de Luxembourg dépassera de beaucoup en portée, avec son ouverture de 84 mètres, les plus grandes voûtes en maçonnerie, construites antérieurement, qui sont, pour ne citer que celles de 60 mètres et au-dessus :

Pont-rails du Gour-Noir, sur la Vézère, en France (1889)	60m 00
Pont-rails de Lavaur, sur l'Agout, en France (1884)	61 50
Pont-rails de Jaremcze, sur le Pruth, en Galicie (1894)	65 00
Pont-aqueduc de Cabin-John, aux États-Unis (1859)	67 10
Pont de Trezzo, sur l'Adda, en Lombardie (1377)	72 25

Le pont de Luxembourg ne se distinguera pas seulement des ouvrages antérieurs par sa portée plus grande, mais aussi par une particularité nouvelle et très originale de sa structure.

IMPRIMERIE NATIONALE.

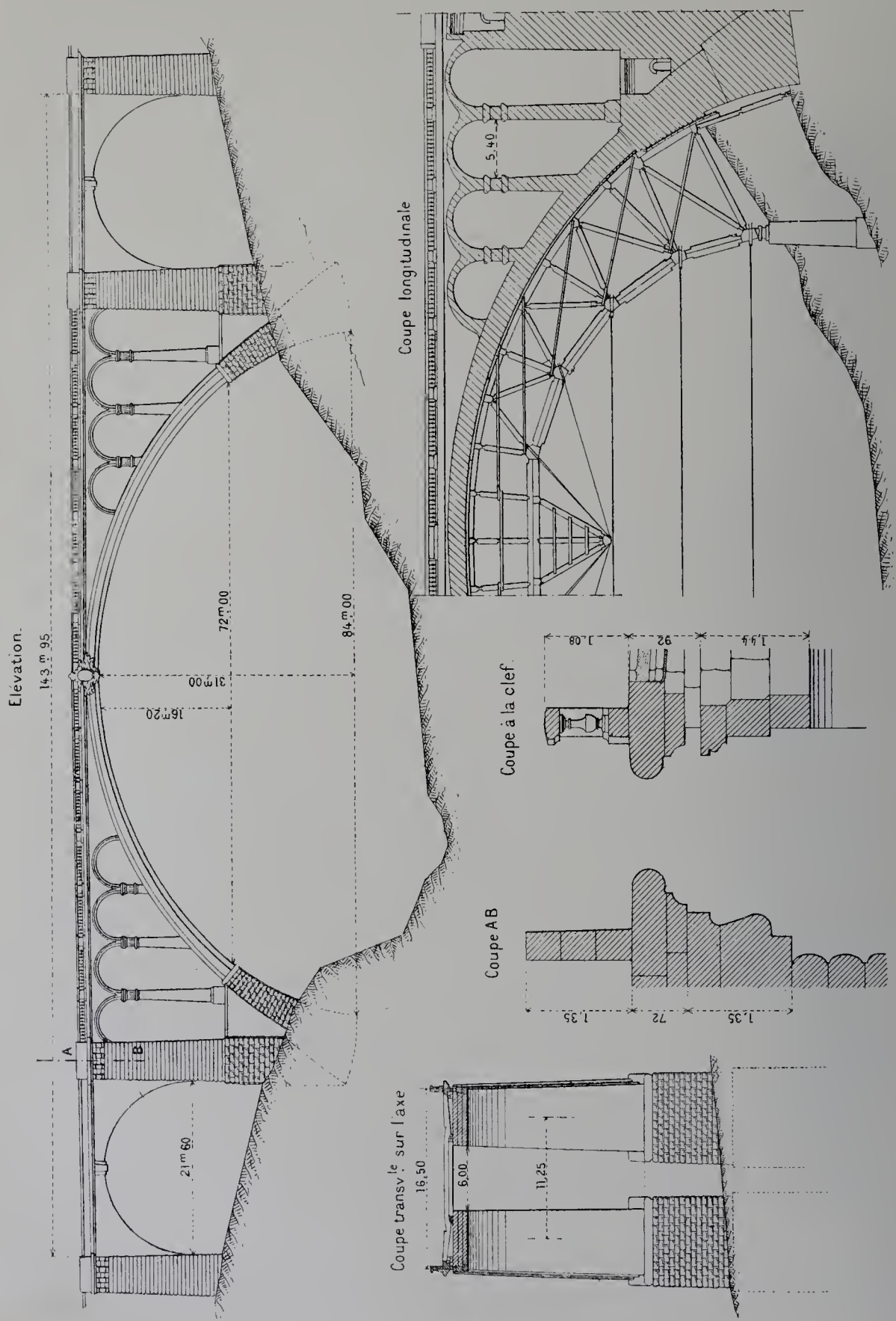


Fig. 157. — Pont de Luxembourg sur la Pétrusse.

Il se compose, dans l'intervalle de 143 m. 95, compris entre les parements des culées, de deux ponts jumeaux, mesurant chacun, sous la corniche, 5 m. 25 de largeur entre les têtes, et séparés l'un de l'autre, jusque dans les fondations, par un intervalle vide, qui mesure 6 mètres de largeur au sommet et qui se rétrécit graduellement du sommet jusqu'au pied, à raison du fruit de 1/40 donné aux parois et du ressaut que fait le soubassement.

Cet intervalle vide, de 6 mètres, est couvert par une dalle en béton de ciment armé, joignant ensemble les deux ponts jumeaux et portant la chaussée. Les avantages de cette disposition sont : 1° une économie sensible dans le prix de l'ouvrage; 2° une économie considérable dans la dépense des cintres, qui se réduisent aux cinq fermes nécessaires pour construire l'un des ponts jumeaux, fermes qui seront reportées ensuite à l'autre tête de l'ouvrage, pour la construction du second pont jumeau. Ces fermes sont d'ailleurs du type des cintres retroussés, à sous-ferme polygonale, maintenue par des tendeurs en fil d'acier, dont le cintre de la grande arche du viaduc du Sornin (*France, Constructeurs, Vesseyre frères*) nous a déjà montré un exemple. Les voûtes seront, sur ces cintres, construites par rouleaux et par tronçons.

La largeur totale du pont, entre les parements extérieurs des tympans est de 16 m. 50. La largeur entre les garde-corps est de 16 mètres, dont 9 m. 60 pour la chaussée et 3 m. 20 pour chaque trottoir.

La pression par centimètre carré avec surcharge de 400 kilogrammes par mètre superficiel monte à 33 kilogrammes à la clef de la grande voûte et à 45 kilogrammes aux retombées de cette voûte.

La dépense totale sera d'environ 1,500,000 francs.

C. F. E.

MEXIQUE.

Depuis un quart de siècle que la paix règne au Mexique et que l'ordre a été mis dans les finances, grâce à l'administration du général Porfirio Diaz, la prospérité matérielle de la République mexicaine a fait de grands progrès. Il n'existait, en 1875, que 578 kilomètres de chemins de fer, dont 510 kilomètres appartenant à la ligne de Vera-Cruz à Mexico. En 1892, le réseau mexicain comprenait 10,897 kilomètres. Il en comprend aujourd'hui environ 13,000, distribués entre une soixantaine de lignes, d'intérêt général ou local, dont les principales relient la capitale aux ports de Vera-Cruz et de Tampico, sur le golfe du Mexique, à quelques points de la côte du Pacifique et à quatre points de la frontière septentrionale, où a lieu la jonction du réseau mexicain avec le réseau des États-Unis. Des travaux considérables sont en cours d'exécution dans divers ports des deux océans, notamment à Vera-Cruz et à Tampico. L'éclairage des côtes a été beaucoup augmenté et amélioré. Enfin, de grands travaux d'assainissement viennent d'être exécutés dans la vallée de Mexico, et l'on a entrepris d'importantes études hydrographiques en vue d'aménager utilement les eaux.

Comité du drainage de la vallée de Mexico. — Mexico, situé au fond d'un bassin fermé, dans le voisinage de grands lacs, dont un seul, le plus voisin de la ville, le lac de Texcoco, est au-dessous du niveau de cette ville, occupe un terrain bas et marécageux et a subi, maintes fois, des inondations désastreuses. Il est de toute nécessité d'écouler les eaux. Les Espagnols avaient commencé la construction d'un canal à ciel ouvert; cette entreprise a échoué. L'idée a été reprise il y a vingt-cinq ans. Elle vient d'être réalisée par l'exécution du projet Espinosa (1885-1900) consistant en un canal à ciel ouvert de 47 kilomètres, suivi d'un tunnel de 10 kilomètres (10,021 m. 80), par où les eaux sont évacuées dans le fleuve Panuco, qui les porte au golfe du Mexique.

Le canal longe ou traverse les quatre lacs de la vallée. Il mesure de 5 m. 50 à 6 m. 50 de largeur au plafond; ses talus sont dressés à 45 degrés. La pente du fond est uniformément de 0 m. 187 par kilomètre. Le débit, réglé par des vannes-barrages, échelonnées sur le parcours, peut varier de 5 à 18 mètres cubes. En cas de forte crue, le lac de Texcoco recevrait le surplus des eaux et fonctionnerait comme régulateur.

La dénivellation d'une tête à l'autre du tunnel est de 8 m. 33; la pente par mètre varie de 0 m. 00069 à la tête d'amont, à 0 m. 00135 à la tête d'aval. La section du tunnel est une anse de panier de 4 m. 18 de largeur et de 4 m. 25 de hauteur. Le revêtement de la voûte, formé par quatre rouleaux de briques, mesure 0 m. 45 d'épaisseur.

Pour accélérer l'exécution du tunnel, on a creusé vingt-cinq puits, espacés d'envi-

ron 400 mètres et mesurant de 21 à 93 mètres de profondeur. On les a conservés pour l'aération du souterrain. Les déblais du canal, commencés à bras, ont été poursuivis et terminés au moyen de dragues à couloir. La dépense s'est élevée à 60 millions de francs.

On compte appliquer à Mexico le système du tout-à-l'égout, en employant le canal comme émissaire.

Collaborateurs principaux : MM. l'ingénieur L. Espinosa, auteur du projet et directeur des travaux; Pearson and son, entrepreneurs des travaux.

Commission hydrographique du Mexique, à Mexico. — Cette commission, instituée en 1889, s'est mise activement à l'œuvre et a terminé, pour le bassin de Mexico, l'organisation de ses opérations : stations ombrométriques et climatériques, nivellements et jaugeages des cours d'eau. Elle a déjà fait des levers hydrographiques de la côte à Vera-Cruz et à Coatzacoalcos.

Direction générale des phares, à Mexico. — Il n'existait, avant 1891, que huit phares ou fanaux sur les côtes du Mexique. Il y en a vingt-cinq à présent, savoir : trois de deuxième ordre, trois de troisième ordre, neuf de quatrième ordre, un de cinquième ordre, neuf fanaux. Les tours sont : les unes en maçonnerie, les autres métalliques, de divers systèmes. L'éclairage se fait à l'huile minérale. Plusieurs nouveaux feux sont en construction. M. l'ingénieur en chef F. Nicolau dirige le service, qui dépend du Ministère des travaux publics.

Ministère des travaux publics, à Mexico. — Entre autres travaux, le Ministère des travaux publics expose ceux qui s'exécutent dans divers ports, tant du golfe du Mexique (Matamoros, Tampico, Vera-Cruz, Frontera, Ile du Carmen, San Juan Bautista) que de l'océan Pacifique (La Paz, Tetuan, Mazatlan, Manzanillo, Salina Cruz). Les travaux les plus importants sont ceux des ports de Vera-Cruz et de Tampico.

Port de Vera-Cruz. — Ce port consistait autrefois en un chenal dirigé du sud-est au nord-ouest, entre le récif de la Gallega et la côte. Les navires y stationnaient, quand la mer le permettait, sous le fort Saint-Jean d'Ulloa, à environ 2 kilomètres de la ville; on les chargeait et on les déchargeait au moyen d'allèges.

Les vents dangereux étant ceux du nord qui soufflent pendant la saison sèche, et dont la vitesse peut atteindre 30 mètres par seconde, il fallait, pour créer un port, fermer le chenal au nord-ouest, entre le récif de la Gallega et celui de la Caleta. On exécuta d'abord cette clôture, conformément au projet de l'ingénieur Thiers. Elle comprend : la digue du nord, de 500 mètres de longueur, construite sur le récif de la Gallega, et la digue du nord-ouest, de 1,532 mètres de longueur totale, brisée en deux alignements de 539 mètres et de 993 mètres, qui enferme le port et l'abrite

contre les gros temps produits par le vent du nord. Pendant que ces travaux s'exécutaient, un projet d'ensemble était dressé, approuvé et mis à exécution à partir de 1895

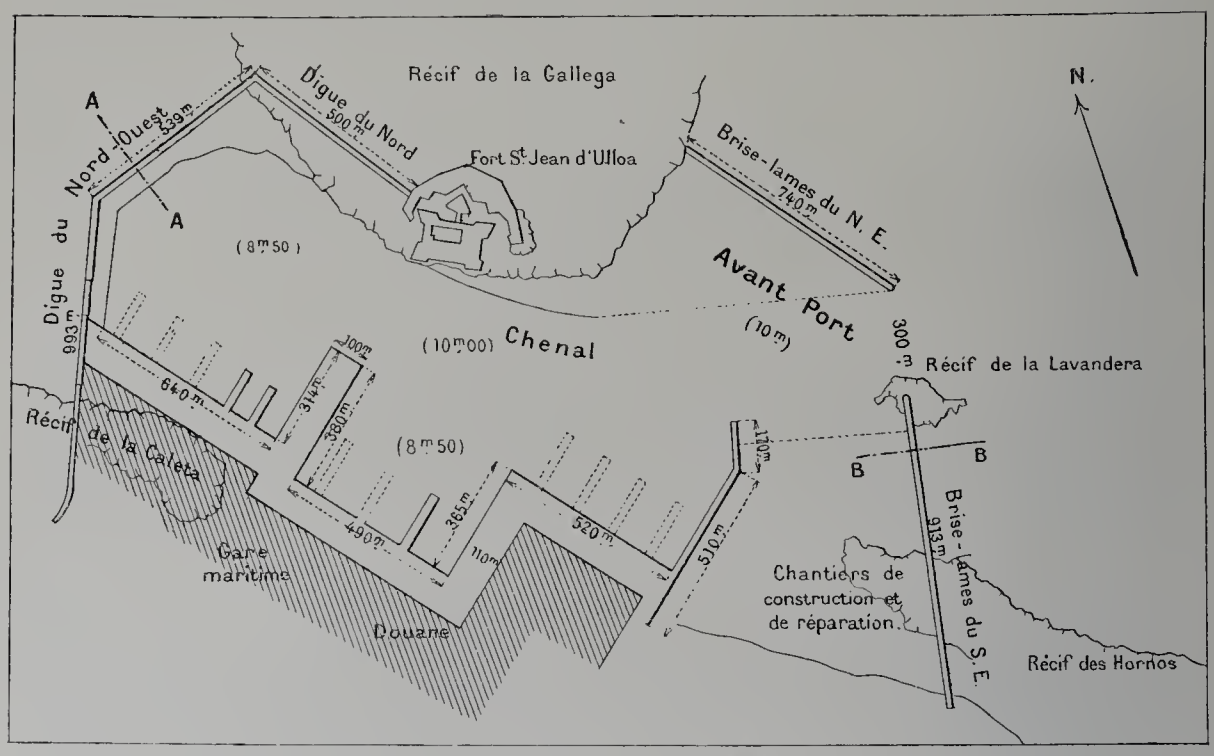


Fig. 158. — Port de Vera-Cruz (Mexique).

sous la direction de M. l'inspecteur général Lavit, auteur du projet. Ce projet comportait :

1° L'achèvement des digues du nord et du nord-ouest;

2° La protection du port, à l'Est, par deux brise-lames, laissant entre eux une passe de 300 mètres; le brise-lames nord-est, de 740 mètres de longueur, et le brise-lames sud-est, de 913 mètres, joignant le récif de la Lavandera au récif des Hornos et à la côte;

3° La construction de deux môles : le môle I, qui mesure 314 et 380 mètres de longueur sur 100 mètres de largeur, et le môle II, limitant la partie du port destinée au mouvement des marchandises, qui mesure 685 mètres de longueur sur 10 mètres de largeur; l'exécution de 2,110 mètres de murs de quais et de vastes terre-pleins en arrière de ces murs, depuis le môle II jusqu'à la digue nord-ouest; la construction d'un quai aux houilles de 250 mètres de longueur sur 100 mètres de largeur, le long de la digue nord-ouest; l'exécution, normalement aux quais, d'une douzaine de wharfs en acier de 180 mètres de longueur sur 20 mètres de largeur;

4° Le dragage du fond à 10 mètres de profondeur sur 300 mètres de largeur, depuis la passe d'accès jusqu'au môle I, et le dragage du restant du port jusqu'à 8 m. 50;

5° L'outillage de toutes les parties du port consistant en voies ferrées, grues fixes ou mobiles, celles-ci roulantes ou flottantes, hangars, magasins, etc.

La surface en eau du port ainsi constitué occupe 175 hectares, dont 28 hectares

formant avant-port; 30 hectares, compris entre le môle II et le brise-lames sud-est, affectés à la construction et à la réparation des navires; 45 hectares occupés par le chenal au delà de l'avant-port, et 72 hectares destinés aux navires embarquant ou débarquant des marchandises.

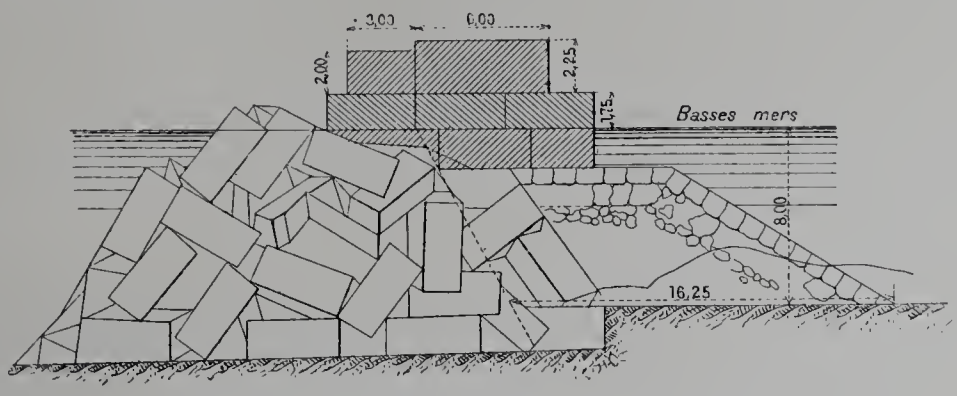


Fig. 159. — Coupe suivant AA de la digue Nord-Ouest.

La structure des digues et des brise-lames dépend de la profondeur de l'eau et de la violence des coups de mer auxquels sont exposés ces ouvrages. Ainsi la digue nord et les enracinements de la digue nord-ouest et du brise-lames sud-est consistent en un mur en béton de 4 mètres d'épaisseur, fondé sur le rocher aux environs du niveau des basses mers.

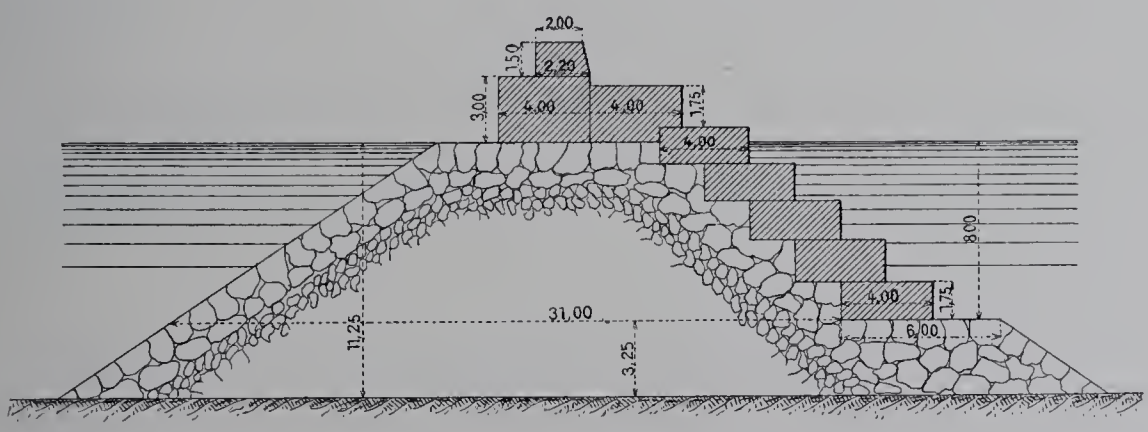


Fig. 160. — Coupe suivant BB du brise-lames Sud-Est.

La partie de la digue nord-ouest, longue de 539 mètres, comprise entre le saillant de cette digue et la digue nord qui est, de toutes les parties de l'enceinte du port, la plus fortement battue par la mer, se compose (coupe AA) d'un monceau de blocs factices de 14 mètres cubes (4 mètres × 2 mètres × 1 m. 75), élargi du côté intérieur par un enrochement en pierres naturelles et surmonté : premièrement, sur 12 mètres d'épaisseur, par deux assises de blocs factices; secondement, sur 9 mètres d'épaisseur, par un massif en béton mesurant 2 m. 25 de hauteur du côté intérieur et 2 mètres du côté extérieur. La crête de ce massif s'élève à 4 mètres au-dessus du niveau des basses mers. L'ouvrage est établi pour résister à des pressions de 38 tonnes par mètre carré.

Dans le brise-lames sud-est (coupe BB), bien moins battu par les lames, les blocs factices, régulièrement assisés en gradins du côté extérieur, revêtent un massif en enrochements.

Les digues ou brise-lames qui enceignent le port doivent s'élever à 5 m. 50 au-dessus des basses mers. Il faut savoir que la différence de niveau entre les hautes mers et les basses mers est, dans les cas extrêmes, tout au plus de 1 mètre.

Les murs des quais et des môles consistent en blocs factices superposés, assis sur une fondation en enrochements et surmontés d'un mur en maçonnerie dépassant de 2 m. 50 le niveau des basses mers.

Les blocs factices, cubant habituellement 14 mètres cubes, pèsent 28 ou 32 tonnes, selon qu'on les a maçonnés avec de la chaux du Teil ou du ciment de Portland. On les met en place soit avec un chaland, soit avec une grue à vapeur roulante et tournante de 35 tonnes, soit avec une grue flottante de même force, soit enfin à l'aide d'un titan pouvant lever 20 tonnes à 24 mètres de l'axe et 40 tonnes à 18 mètres de cet axe.

Les dragages, dont le produit est employé en remblais derrière les murs de quai, sont effectués par cinq dragues dont trois à aspiration pour puiser les sables, et deux à godets. De celles-ci, l'une enlève les sables et l'autre extrait la roche madréporique.

Les travaux des digues, des brise-lames, des môles et des quais sont actuellement très avancés. Un wharf en acier est construit en face la douane. Deux wharfs : l'un tout en bois, de 120 mètres sur 20 mètres; l'autre, en bois et en métal, de 130 m. sur 15 mètres, appartenant à deux compagnies de chemins de fer, sont établis en face la gare maritime.

Le complet achèvement des travaux, qui doit avoir lieu en 1902, aura exigé :

530,000 mètres cubes de béton;

630,000 mètres cubes d'enrochements;

5,875,000 mètres cubes de dragages de sable;

46,700 mètres cubes de dragages de roches madréporiques.

La dépense atteindra 75 millions de francs, sur lesquels 60 millions étaient dépensés au 31 décembre 1899. Les travaux sont exécutés depuis 1895 par MM. Pearson and Son. M. l'ingénieur J.-B. Body a très utilement assisté M. Lavit, directeur des travaux.

Dès à présent, le port de Vera-Cruz, dont le trafic montait, en 1899, à environ 500,000 tonnes, offre aux navires un abri sûr, tranquille et spacieux.

Port de Tampico. — La ville et le port de Tampico sont situés sur le Panuco, à 11 kilomètres de l'embouchure de ce fleuve dans le golfe du Mexique. Une barre, formée par des dépôts de sable et consolidée par des épaves de navires naufragés, obstruait l'entrée du Panuco, qui se divisait en plusieurs chenaux ayant seulement 1 m. 50 à 3 m. 60 de tirant d'eau. Les navires étaient obligés de mouiller sur rade, à 4 kilomètres de l'embouchure et de charger ou de décharger leurs marchandises au moyen

d'allèges. Pour remédier à cet état de choses, qui faisait déchoir de plus en plus le port de Tampico de son ancienne prospérité, il fallait ouvrir dans la barre un chenal assez profond et assez fixe pour permettre aux grands navires du commerce d'y passer avec sécurité. Ce travail fut entrepris à forfait, suivant un contrat passé le 30 août 1888 avec le Gouvernement, par la Compagnie du chemin de fer central mexicain, au moment où l'embranchement reliant Tampico au réseau de cette compagnie allait être livré à l'exploitation. Le Gouvernement s'engageait à payer à la compagnie : 2,850,000 francs lorsque le canal aurait, à mi-marée, un tirant d'eau permanent de dix pieds anglais (3 m. 05); puis 450,000 francs pour chaque pied d'augmentation jusqu'à 18 pieds (5 m. 49); enfin 262,500 francs pour chaque pied d'augmentation au delà de 18 pieds sans que la totalité du prix pût excéder la somme de 7,500,000 francs, correspondante à un tirant d'eau de 22 pieds, soit de 6 m. 70.

Les travaux, exécutés suivant le projet de M. l'ingénieur Corthell, ont été commencés en mars 1890. Ils ont consisté dans la construction de deux jetées parallèles, distantes l'une de l'autre de 305 mètres et atteignant, avec 2,043 mètres de longueur, les fonds de 24 pieds (7 m. 32). Ces jetées sont formées, comme celles du Mississipi, de couches successives de fascines et de pierres. Pour les construire rapidement et économiquement, on a commencé par établir, sur le tracé de chacune d'elles, une estacade en charpente composée de pieux en pin créosoté, susceptibles de résister pendant trois ans à l'action des tarets. Le rôle de l'estacade était double. Elle portait la voie de service pour l'approche des matériaux, elle servait à construire les matelas de fascines, à les diriger dans leur descente et à les maintenir en place. Pour construire ces matelas, on commençait par former, dans les intervalles des pieux, un grillage en charpente à mailles carrées d'environ 1 m. 50 de côté, dont les poutrelles étaient jointes l'une à l'autre par des tiges en fer qui les traversaient aux points de croisement. Ce grillage étant suspendu par des câbles aux traverses supérieures de l'estacade, on étalait des branchages par couches alternativement longitudinales et transversales, en ayant soin de les comprimer le plus possible. Quand le matelas végétal avait une épaisseur convenable (1 m. 25 à 2 m. 50), on le surmontait d'un second grillage en charpente semblable à celui du dessous, et on liait ensemble les poutrelles aux points de croisement en les traversant avec les tiges de fer déjà employées à cet effet dans le grillage inférieur. Puis on comprimait de nouveau et fortement le fascinage au moyen de leviers, et on le maintenait en son volume réduit en courbant les tiges métalliques. Il ne restait plus qu'à charger de pierres et à larguer les câbles; la masse coulait à fond, guidée par les pieux. Pour former le talus de la jetée, on diminuait progressivement de bas en haut la largeur des couches de fascines.

Dès le début, ces travaux ont produit leur effet. En mars 1890, le point le plus élevé de la barre (— 2 m. 44) était à 1,225 mètres de l'origine des jetées. En octobre 1891, il s'était éloigné à 1,950 mètres. En mai 1892, un vapeur anglais, calant 5 m. 10, passa sans toucher le fond. Les jetées furent terminées au cours de cette année. En dragnant le canal, on découvrit à peu de distance de son origine, un banc formé par

les débris de navires naufragés, dont le sommet était à la profondeur de 5 m. 15. On s'efforça, sans grand succès, de le faire sauter à la dynamite, mais une crue extraordinaire et de longue durée étant survenue en juillet 1893, ce banc fut emporté et le chenal approfondi à 6 m. 25. En janvier 1897, la profondeur était de 7 m. 31 entre les jetées et de 8 m. 84 en dehors. On peut dire que l'opération a pleinement réussi, à la condition toutefois qu'on entretienne les jetées qui ont subi, faute d'enrochements assez gros, quelques écroulements par l'effet des coups de mer.

Le trafic revient au port de Tampico, où diverses compagnies ont construit plus de 600 mètres d'appontements. Ce trafic dépassait à peine 20,000 tonnes en 1889; il a atteint 192,000 tonnes dès 1894 et, depuis, il a constamment augmenté. Les frais de manutention ont diminué de 15 francs par tonne depuis que les marchandises ne sont plus déchargées sur rade, au moyen d'allèges.

NORVÈGE.

Le territoire de la Norvège longe l'Océan sur 1,700 kilomètres. Il se compose, sur les deux tiers de son développement, d'une bande longue et étroite qui s'élargit, dans le tiers méridional, jusqu'à mesurer 400 kilomètres de l'est à l'ouest. Là, sont situées les parties extrêmement restreintes (3 p. 100 de la superficie totale), livrées à la culture, et les forêts qui occupent 21 p. 100 de cette superficie. Le reste (76 p. 100 de la surface totale) se compose de terrains incultes : pacages, marais, rochers, glaciers, etc. Sur un sol aussi ingrat, la population est nécessairement très réduite. La Norvège ne compte guère que 2 millions d'habitants, soit 6.2 habitants par kilomètre carré. Mais, si l'intérieur du pays est peu habitable, les côtes, profondément découpées par une succession presque ininterrompue de fiords et enveloppées par une multitude d'îles, sont admirablement disposées pour la navigation et pour la pêche. Aussi la population norvégienne, groupée pour les deux tiers, sur le littoral de la mer, est-elle vouée principalement aux industries maritimes. Avec ses 2,452,000 tonneaux de jauge (au 1er janvier 1898), la marine de commerce de cette terre de Norvège qui n'a que 2 millions d'habitants, se classe au quatrième rang parmi les marines du monde entier, entre celle des États-Unis qui compte 4,005,000 tonneaux, et celle de la France qui en compte 2,336,000. Le produit annuel de la pêche monte en moyenne à 84 millions de francs, soit aux trois quarts du même produit dans la Grande-Bretagne.

Il résulte de la configuration du pays et de la distribution de la population que les communications des habitants entre eux se font surtout par mer. Il n'existait, dans l'intérieur des terres, avant le XVIIe siècle, que des sentiers cavaliers. C'est seulement au XIXe siècle que se sont développées les voies de communications terrestres : routes, chemins de fer et, dans une faible mesure, canaux. Elles ouvrent des débouchés aux régions de l'intérieur et, par rapport aux voies maritimes, abrègent notablement certains parcours. Mais les difficultés du terrain et la faible densité de la population font que ces voies terrestres, très dispendieuses pour le pays, ne peuvent progresser que lentement. Encore aujourd'hui, les 4/5 (10,300,000 tonnes) du trafic intérieur de la Norvège se font par mer, et 1/5 seulement (2,200,000 tonnes) se fait par chemin de fer.

La marine et les chemins de fer combinés permettront d'utiliser industriellement les nombreuses et abondantes chutes d'eau du pays.

On a déjà créé quelques stations hydro-électriques, notamment celle de Hafslund, l'une des plus puissantes qui soient au monde. Ainsi la Norvège, qui manque de houille, en sera dédommagée par ses neiges et ses glaciers.

Krag, directeur des routes, à Christiania. — La plus ancienne route carrossable de la Norvège paraît dater de 1625 à 1630. Au XVIIe et au XVIIIe siècle on a construit un

certain nombre de routes, en se bornant fréquemment à améliorer d'anciens sentiers cavaliers dont les déclivités atteignaient parfois 0 m. 20 et même 0 m. 30. C'est seulement à partir du milieu du XIXe siècle que la construction des routes a fait de grands progrès. La loi de 1851 attribua l'initiative de leur établissement aux corps électifs : Storthing, conseils préfectoraux et communaux. Les routes principales, construites en grande partie aux frais de l'État, sont entretenues en général par les districts. Les chemins communaux sont construits par les cantons, le plus souvent avec contribution des caisses préfectorales, et même de l'État. L'entretien se fait surtout par voie de prestation en nature.

La longueur totale des routes était, en 1850, de 16,000 kilomètres dont 6,200 de routes principales. Depuis la réforme de 1851, l'étendue du réseau a presque doublé. Il y a maintenant 10,000 kilomètres de routes principales et 20,000 kilomètres de chemins communaux. Les dépenses d'établissement des routes se sont élevées, en 1894, à 2,940,000 francs, et celles d'entretien à 3,220,000 francs, soit en tout 6,160,000 francs, ce qui représente plus de 3 francs par tête d'habitant.

On s'attache, dans les nouvelles routes et dans les rectifications d'anciennes routes, à ne pas dépasser la pente de 0 m. 07 ou, tout au plus, 0 m. 08. La largeur de la chaussée, comprise ordinairement entre 4 et 6 mètres, se réduit parfois à 2 m. 50. Les ponts se construisent en pierre ou en fer.

A raison de la difficulté du terrain, les routes de la Norvège sont chères. Pour les établir, il faut souvent recourir à la mine, notamment dans les descentes abruptes des hauts plateaux au fond des vallées. Les 1,894 kilomètres de routes principales construites de 1880 à 1895 ont coûté 28 millions de francs, soit 14,800 francs par kilomètre. Les dépenses d'entretien sont notablement augmentées par les frais qu'entraîne, pendant l'hiver, l'enlèvement des neiges, soit à l'aide du chasse-neige, soit à la pelle. Pour ces motifs, et à raison du peu de densité de la population, il en coûte beaucoup à la Norvège pour avoir de bonnes routes bien tracées et bien entretenues. Aussi, reste-t-il encore fort à faire, surtout dans les trois préfectures du Nord. Le réseau actuel n'en est encore qu'à la moitié du développement auquel il devra parvenir.

Le Directeur des canaux, à Christiania. — Depuis le milieu du XIXe siècle, il a été construit en Norvège trois canaux pour faire communiquer avec la mer des lacs intérieurs, dont l'accès était rendu impossible par des rapides. Ils débouchent tous trois au fond du Skagerak. Le dernier construit est le canal de Bandak, reliant le lac Nordsjœ avec la chaîne des lacs de Bandak et créant une ligne de navigation continue entre Skien, sur la mer, et Dalen, à l'extrémité occidentale du lac Bandak. Il a été exécuté de 1887 à 1892 et a coûté environ 4,200,000 francs. La dénivellation de 57 mètres existant entre les lacs Bandak et Nordsjœ, a été franchie au moyen de 14 écluses de 4 mètres de chute en moyenne, dont cinq sont accolées l'une à l'autre à Vrangfos, où un barrage de 37 mètres de hauteur, relevant les eaux de 23 mètres, a créé une magnifique chute d'eau. L'exécution de ce canal a présenté de grandes difficultés.

Norges statsbaner baneafdelingen, à Christiania. — La longueur des chemins de fer norvégiens en exploitation a passé de 1,562 kilomètres, au 31 décembre 1889, à 1,981 kilomètres, au 31 décembre 1899. Presque tous ces chemins de fer, établis avec la voie de 1 m. 43, appartiennent à l'État, qui a racheté une partie des lignes concédées à des sociétés. Si la longueur du réseau est faible par rapport à l'étendue du pays, elle est, relativement au chiffre de la population, à peu près dans le même rapport qu'en France. La construction des chemins de fer, poussée d'abord activement, avait subi un arrêt de 1880 à 1890. Elle a été reprise depuis cette dernière date, et on vient de lui donner une nouvelle impulsion en décidant la création de plusieurs lignes importantes : Trondhjem à Namsos, amorce de la grande ligne du Nord qui, déjà construite de Christiania à Trondhjem, devra monter un jour jusqu'à Bodœ, au delà du cercle polaire arctique — Ekersund à Flekkefjord, dont le prolongement ultérieur, le long de la côte sud, reliera Stavanger à Christiania ; Narvik à la frontière de Suède, sur 44 kilomètres très difficiles (coût : 13 millions), pour rejoindre les lignes du Norrland suédois et desservir les mines de fer du Norbotten ; enfin la ligne reliant ensemble les deux principaux centres commerciaux et maritimes de la Norvège : Christiania et Bergen.

Cette dernière ligne qui partira de Roa, au nord de Christiania, et qu'on ne terminera qu'en 1907, sera la première à franchir le massif montagneux dont les pentes forment la partie sud de la Norvège. Elle s'élèvera sur plus de 100 kilomètres au-dessus de 700 mètres d'altitude et franchira la ligne de faîte, à 860 mètres d'altitude, par le tunnel de Gravehalsen, mesurant 5 kilomètres, au percement duquel on travaille à présent.

La Direction des chemins de fer norvégiens expose les dessins de plusieurs ponts métalliques à poutres droites ou semi-paraboliques, dont la portée ne dépasse point 70 mètres.

Le trafic et la recette kilométrique des chemins de fer norvégiens ont été constamment en croissant. En 1898-1899, les recettes brutes se sont élevées à 20,300,000 francs et les dépenses d'exploitation et d'entretien à 13,720,000 francs. Les dépenses de construction montant à 226 millions, on voit que le bénéfice net (6,580,000 fr.) représente 2.9 o/o du capital engagé.

Collaborateurs principaux : MM. E. O. Svanöe, ingénieur en chef; F.-T. Didrikson, inspecteur principal de l'exploitation ; S.-A. Lund, ingénieur de division.

Administration des ports de l'État, à Christiania. — Grâce à la configuration des côtes, dentelées par une multitude de fiords et enveloppées par d'innombrables îles, la Norvège abonde en excellents ports naturels. Il suffit de construire des quais ou des appontements dans les ports importants ; et dans les petits ports de pêche, qui sont en très grand nombre, des jetées de débarquement ou d'abri, exécutées en maçonnerie et fondées le plus souvent au-dessus des basses mers. Les dépenses annuelles pour les ports sont d'environ 2,800,000 francs, sur lesquels 560,000 francs sont à la charge

de l'État. Le reste est soldé, soit par les communes, soit à l'aide de droits d'exportation sur le poisson.

Les principaux ports de la Norvège sont, comme trafic : Christiania, Bergen, Trondhjem; et, comme ports d'attache de la marine marchande : Bergen, Christiania et Tönsberg.

Phares de Norvège, à Christiania. — La Norvège s'est signalée par les soins qu'elle a pris pour l'éclairage de ses côtes. Le Département de la défense, chargé de l'éclairage et du balisage, entretenait, en 1899, sous la direction de M. l'ingénieur en chef O.-S.Ostensoe : 137 phares, dont 10 de première classe et 17 de seconde; 447 fanaux; 3,600 balises fixes; 1,120 bouées flottantes. L'État dépense annuellement environ 1,400,000 francs pour compléter et perfectionner l'éclairage et le balisage des côtes.

Le phare de Ryvingen, situé à la pointe sud de la Norvège, à l'entrée du Skagerak, est pourvu depuis peu de l'un des feux-éclairs les plus puissants qui soient au monde. Quand la lampe électrique fonctionne avec ses plus gros charbons, l'intensité des éclairs dépasse 34 millions de bougies.

Aktieselskabet Hafslund, à Hafslund près Sarpsborg (L'exposition de l'installation hydraulique de cette puissante station hydro-électrique a été transportée de la Classe 23, à laquelle le catalogue l'avait attribuée, dans la Classe 29). — La station hydro-électrique de Hafslund est installée dans le voisinage de la chute de Sarpsfos, sur le fleuve Glommen, près de la ville de Sarpsborg (non loin de Fredrikstad, à l'entrée du fiord de Christiania). La hauteur de chute varie, selon l'état des eaux, de 16 m. 40 à 19 m. 40. La hauteur de chute normale est fixée à 18 mètres. Les eaux sont prises dans le fleuve par un canal de dérivation, passant sous le pont du chemin de fer, canal creusé dans le rocher, sur 240 mètres de longueur, avec 10 mètres de largeur, autant de profondeur et 0 m. 005 de pente.

La variation de niveau des eaux pouvant dépasser 10 mètres (basses eaux, 19 m. 30; hautes eaux, 29 m. 83), on a construit, vers l'extrémité du canal, pour contenir les hautes eaux, un robuste barrage (cote 26 mètres), ouvert à son pied sur 5 mètres de hauteur, et accompagné d'un déversoir, arasé à la cote 22 mètres, ainsi que d'un canal de décharge. Viennent ensuite les vannes d'admission au réservoir d'alimentation. Ce réservoir est bordé, du côté du fleuve, par un deuxième déversoir à la cote 22 mètres. Le mur du fond, dont le sommet est à la cote 24 mètres, est traversé à son pied par les tuyaux inclinés amenant l'eau aux turbines. L'installation complète comprendra sept tuyaux de 3 mètres de diamètre et un tuyau de 1 m. 60, chacun de ces tuyaux se subdivisant en deux ou trois branchements, pour alimenter autant de turbines. Les tuyaux de 3 mètres débitent 20 mètres cubes par seconde à la vitesse de 3 mètres. Des grilles sont placées au-devant du barrage et au-devant du mur de fond.

Les travaux ont été commencés en 1896. On a installé d'abord 12 turbines : 6 de 1,400 chevaux, 4 de 2,000 chevaux et 2 de 300 chevaux, représentant ensemble

14,000 chevaux. On compte que l'usine, battant son plein, pourra donner pendant neuf mois, d'avril en décembre, 24,000 chevaux et, pendant trois mois, de décembre à avril, 15,000 à 18,000 chevaux. Les dynamos, placés à l'étage supérieur du bâtiment des turbines, sont directement accouplées sur les arbres verticaux de celles-ci.

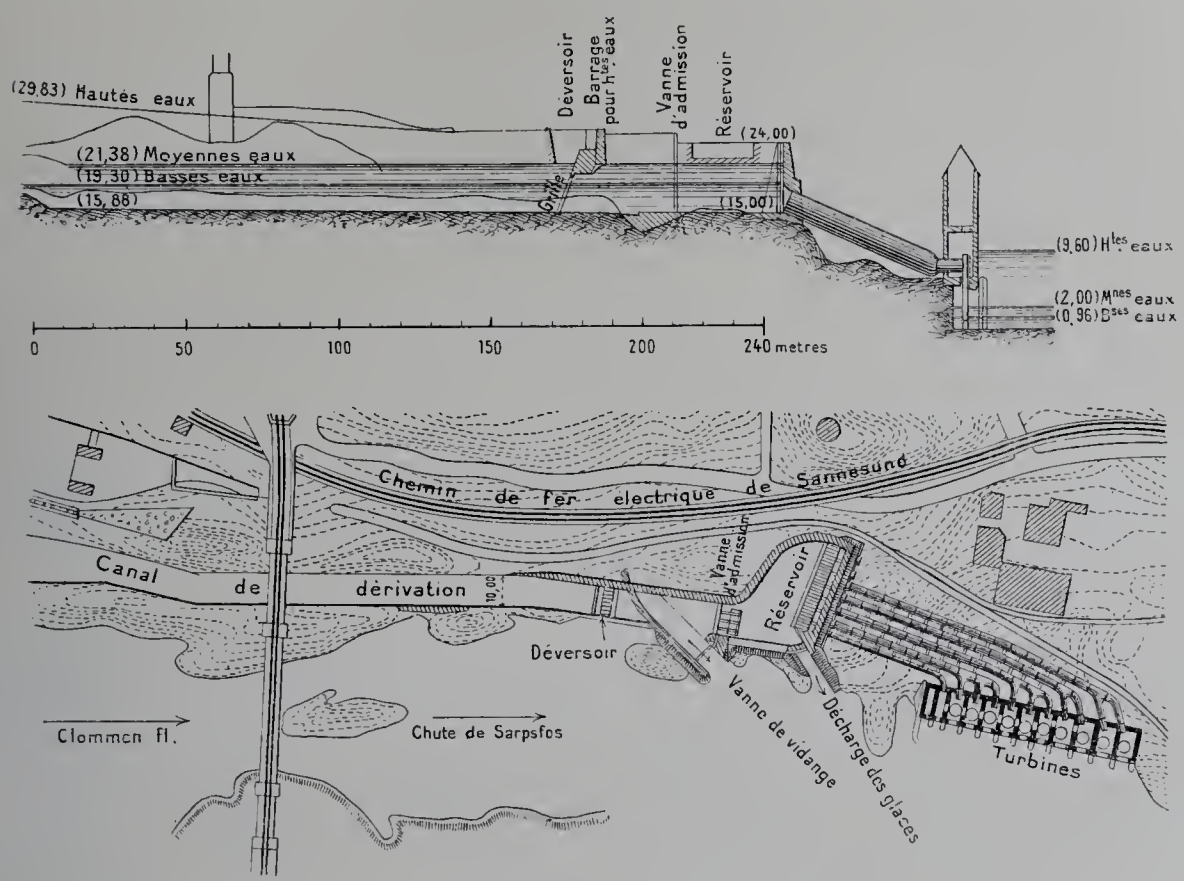


Fig. 161. — Usine hydro-électrique de Hafslund, près Sarpsborg.

L'énergie électrique doit tout d'abord actionner une fabrique de carbure de calcium, montée pour produire annuellement 5,000 tonnes, qui est la plus importante de Norvège. Elle doit aussi faire marcher le tramway électrique de 7 kilomètres aboutissant au port de Sannesund, où l'on embarque le carbure de calcium. Elle est enfin distribuée à diverses usines du voisinage et des environs.

PAYS-BAS.

Entre la Norvège, dont nous venons de passer en revue les principaux ouvrages de travaux publics, et les Pays-Bas qui viennent à la suite dans notre examen, le contraste est aussi complet que possible, quant à la configuration du sol et, dès lors, quant à la nature ou à la forme des travaux. Il n'y a vraiment de commun entre les deux contrées que l'importance de leur rôle maritime. Enrichie de bonne heure par un commerce extraordinairement actif, relativement à l'étendue de son territoire et au chiffre de sa population, la Hollande a employé une grande partie de sa richesse à assécher son sol pour le rendre nourricier. Elle n'a pas attendu — comme quelques-uns de ses habitants prétendent aujourd'hui qu'elle aurait dû le faire — que les fleuves, dont les alluvions, portées au loin par les crues, colmataient ses lacs et ses marais, aient exhaussé ces bas-fonds jusqu'au niveau de la mer; elle a créé artificiellement de vastes étendues de champs et de prairies en formant des enceintes, construisant des digues, et épuisant les eaux des polders ainsi constitués.

Dans un tel pays, les voies de communication se sont activement développées. Outre les voies maritimes et fluviales, qui ont été, comme on verra plus loin, extrêmement améliorées, on a, pendant les cinquante dernières années, creusé 489.7 kilomètres de canaux, construit ou reconstruit plus de 1,700 kilomètres de grandes routes, pour la plupart pavées, et livré à l'exploitation 2,567 kilomètres de chemins de fer (auxquels il faut ajouter 176 kilomètres construits de 1840 à 1850, pour obtenir les 2,743 kilomètres exploités au 31 décembre 1899). Ces chemins de fer, presque tous achevés en 1890 (2,560 kilomètres exploités au 31 décembre 1889) ont donné lieu à la construction d'un grand nombre de ponts métalliques, fixes ou tournants, dont une dizaine comportent une ou plusieurs travées fixes mesurant au delà de 100 mètres et jusqu'à 154 mètres de portée. Ces ouvrages ont fait grand honneur aux ingénieurs hollandais, qui toutefois, ayant constitué de bonne heure leur réseau de voies ferrées, se sont plus particulièrement signalés, dans les dix dernières années, soit par les ouvrages maritimes et fluviaux dont il va être rendu compte, soit par les travaux qu'ils ont exécutés dans leurs possessions coloniales de Java et de Sumatra ainsi que dans la République Sud-Africaine.

MINISTÈRE DU WATERSTAAT, DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE, À LA HAYE.

Plans du port d'Ymuiden, de l'amélioration du Wahal, des Merweden, du Rhin, du Lek et de la Nouvelle Meuse.

Port d'Ymuiden. — En même temps que l'on exécutait, de 1863 à 1876, le canal de la mer du Nord à Amsterdam, pour remédier à l'insuffisance du canal de Nord-

Hollandsch, établi, sur le même parcours, de 1819 à 1825, on construisait de toutes pièces, en mer, devant l'entrée du nouveau canal, le port d'Ymuiden. Ce port est formé de deux jetées, d'environ 1,600 mètres de longueur, écartées l'une de l'autre de 1,200 mètres à leurs enracinements et convergeant l'une vers l'autre jusqu'à la passe de 260 mètres comprise entre leurs musoirs. La plage de sable sur laquelle s'avancent les jetées s'est peu modifiée; la courbe des fonds de 8 mètres n'a pas changé, mais il se forme, dans l'intérieur du port, à raison du calme relatif des eaux, des dépôts de sable qu'il faut enlever. On se contente, par économie, de maintenir un chenal profond, sur 250 mètres de largeur, depuis la passe d'entrée jusqu'au débouché du canal. A cet effet, on drague annuellement environ 500,000 mètres cubes, dont 70,000 en dehors des jetées.

Par suite de l'accroissement des dimensions des navires, on a dû augmenter la section du canal et construire à Ymuiden une nouvelle écluse plus spacieuse que les deux anciennes. La plus grande de celles-ci mesure 120 mètres de longueur et 18 m. 05 de largeur, avec 7 m. 25 de tirant d'eau. La nouvelle écluse (1890-1896) mesure 227 m. 77 de longueur utile et 25 mètres de largeur, avec 9 m. 30 de tirant d'eau. Les portes et les vannes des aqueducs sont manœuvrées électriquement.

Le canal joignant Ymuiden à Amsterdam, sur 27 kilomètres de longueur, avait reçu d'abord 20 mètres de largeur au plafond et 7 mètres de tirant d'eau. On a porté ensuite la largeur à 25 mètres et le mouillage à 7 m. 70; mais ces dimensions se sont bientôt trouvées insuffisantes, et l'on doit, d'après le programme arrêté en 1894, porter le mouillage à 9 m. 50 et la largeur au plafond à 50 mètres, de manière que deux bateaux de la plus grande taille puissent se croiser en tous les points.

Amélioration et modification des bras fluviaux et maritimes du Rhin et de la Meuse sur le territoire hollandais. — La Meuse et les deux bras du Rhin, le Wahal et le Lek, dirigés, le premier, vers Dordrecht et, le second, vers Rotterdam, coulent de l'est à l'ouest, dans des directions parallèles et à peu de distance les uns des autres. Depuis plusieurs siècles, la Meuse se joint au Wahal à Woudrichem, en sorte que les deux fleuves, le Rhin et la Meuse, confondent leurs eaux dans des embouchures maritimes communes. Un tronc commun, dénommé Merwede, contient d'abord, de Woudrichem à Dordrecht, les eaux réunies du Wahal et de la Meuse et se subdivise à Dordrecht en trois branches : le Dordsch-Kil, qui coule au midi et rejoint l'estuaire dit *Hollandsch-Diep;* la vieille Meuse, dirigée à l'ouest; le Noord, dirigé vers le nord, qui rejoint le Lek et forme avec lui la Nouvelle-Meuse, prolongeant le Lek vers l'ouest, passant à Rotterdam et aboutissant à la mer par un bras qu'on appelle le Scheur.

Le grand courant de navigation et de commerce qui, de la mer du Nord, s'étend, par le Rhin, jusqu'à Mannheim et doit se continuer un jour jusqu'à Strasbourg, emprunte successivement sur le territoire hollandais le Scheur, la Nouvelle-Meuse, le Noord, la Merwede, le Wahal et une petite portion du Rhin. Cette voie navigable était restée très défectueuse jusqu'en 1849.

IMPRIMERIE NATIONALE.

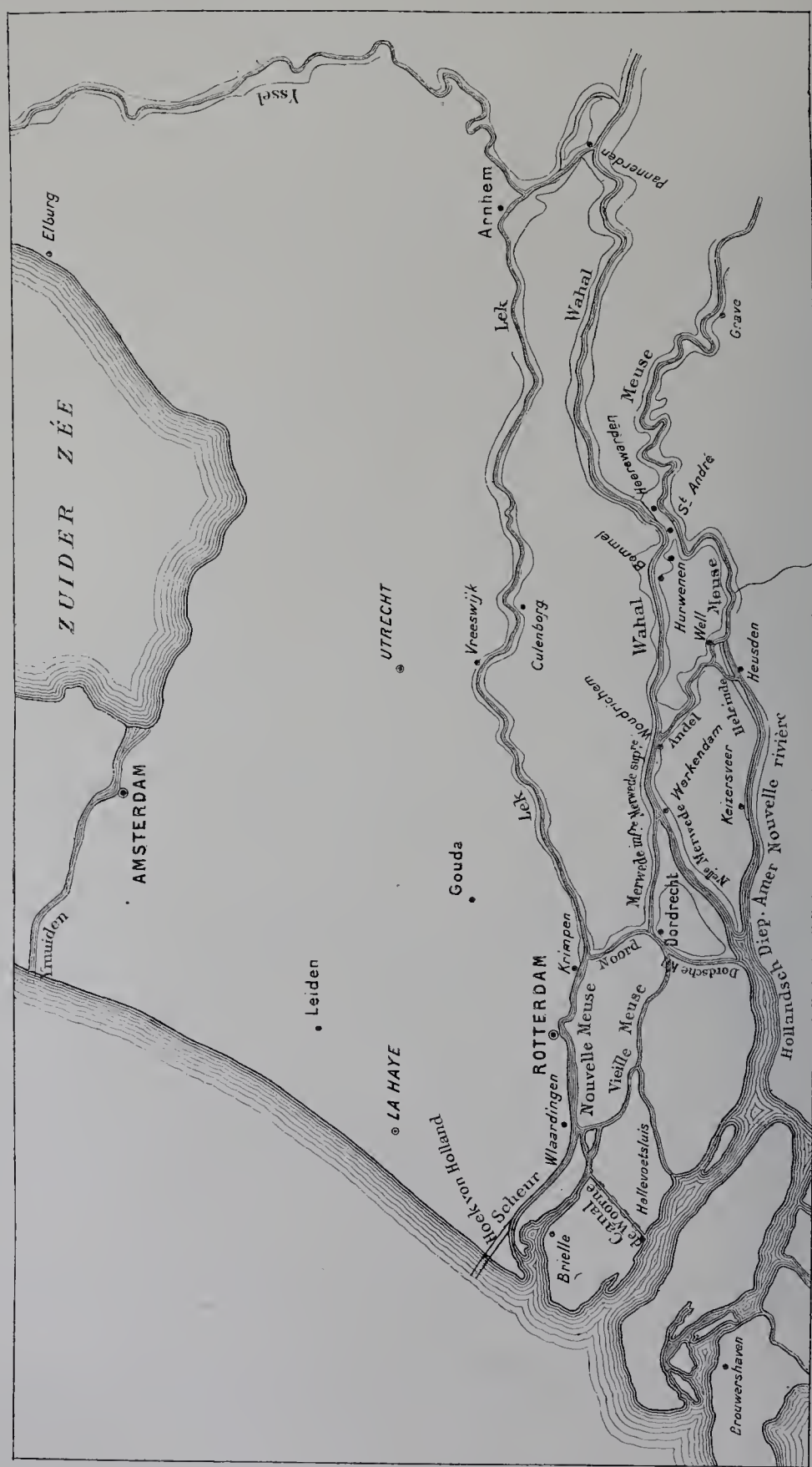


Fig. 162. — Carte des cours inférieurs du Rhin et de la Meuse.

C'est à son amélioration, poursuivie avec sollicitude durant la seconde moitié du XIXe siècle et réalisée maintenant en grande partie, que le port de Rotterdam doit le développement extraordinaire qu'il a pris dans les dernières années. On s'est proposé d'y porter, dans la région fluviale, le tirant d'eau à 3 mètres (chiffre admis sur le cours allemand du Rhin supérieur), ce tirant d'eau de 3 mètres devant exister alors que le Rhin marque 1 m. 50 à l'échelle de Cologne. Mais l'amélioration de la voie principale n'a pas fait négliger celle des autres rivières, celles notamment de la Meuse et du Lek, qui sont d'ailleurs, à certains égards, connexes de la première.

L'amélioration de l'ensemble des cours d'eau dont il s'agit comprend deux sortes de travaux : 1° les travaux de correction, de limitation et d'approfondissement du lit, exécutés sur chaque cours d'eau d'après des principes communs ; 2° les travaux consistant en fermetures de portions de lit et en ouverture de nouveaux bras, en vue de modifier le régime général par le changement des relations mutuelles entre les cours d'eau.

1° On a renoncé, pour améliorer la navigation, aux dérivations préconisées jadis. Chaque rivière coule dans un lit continu, débarrassé d'îles et de bancs, formé dans la partie fluviale d'un lit mineur et d'un lit majeur, dans la partie maritime d'un lit unique.

Les coudes brusques sont adoucis et régularisés selon les principes appliqués sur la Garonne par M. Fargue. On raccorde ces coudes avec les alignements droits au moyen de courbes à courbure variable suivant une loi continue. La largeur du lit mineur augmente, à mesure qu'on se rapproche de l'embouchure, dans une proportion que presque toujours on a réglée par expérience. Le lit majeur, disposé pour contenir les plus fortes crues, est limité par de robustes digues insubmersibles. Le lit mineur est borné par des épis et par des digues longitudinales. Digues et épis sont construits en fascinages, en remblais et en moellons. On a recours aux dragages pour amener la rivière à la profondeur voulue et ensuite pour maintenir cette profondeur. On juge du mérite des corrections apportées au cours d'eau par la bonne tenue de son nouveau régime.

2° Les modifications du régime général des cours inférieurs du Rhin et de la Meuse consistent principalement dans la complète séparation de ces fleuves jusqu'à leurs embouchures. Au lieu de confluer avec le Wahal dans la Merwede, la Meuse débouche directement dans le Hollandsch-Diep (il en résulte cette singularité que les bras de rivière dénommés Vieille-Meuse et Nouvelle-Meuse ne reçoivent plus rien de l'eau de la Meuse et sont exclusivement alimentés par l'eau du Rhin). En outre, pour écouler dans le Hollandsch-Diep une partie des eaux du Wahal, on a substitué un bras de rivière artificiel, la Nouvelle-Merwede, aux Killen, canaux nombreux et tortueux qui sillonnaient une vaste étendue de terrain, plus ou moins couverte d'eau. Enfin, pour améliorer l'embouchure de la Scheur dans la mer du Nord, on l'a déviée à travers les dunes du Hoek von Holland.

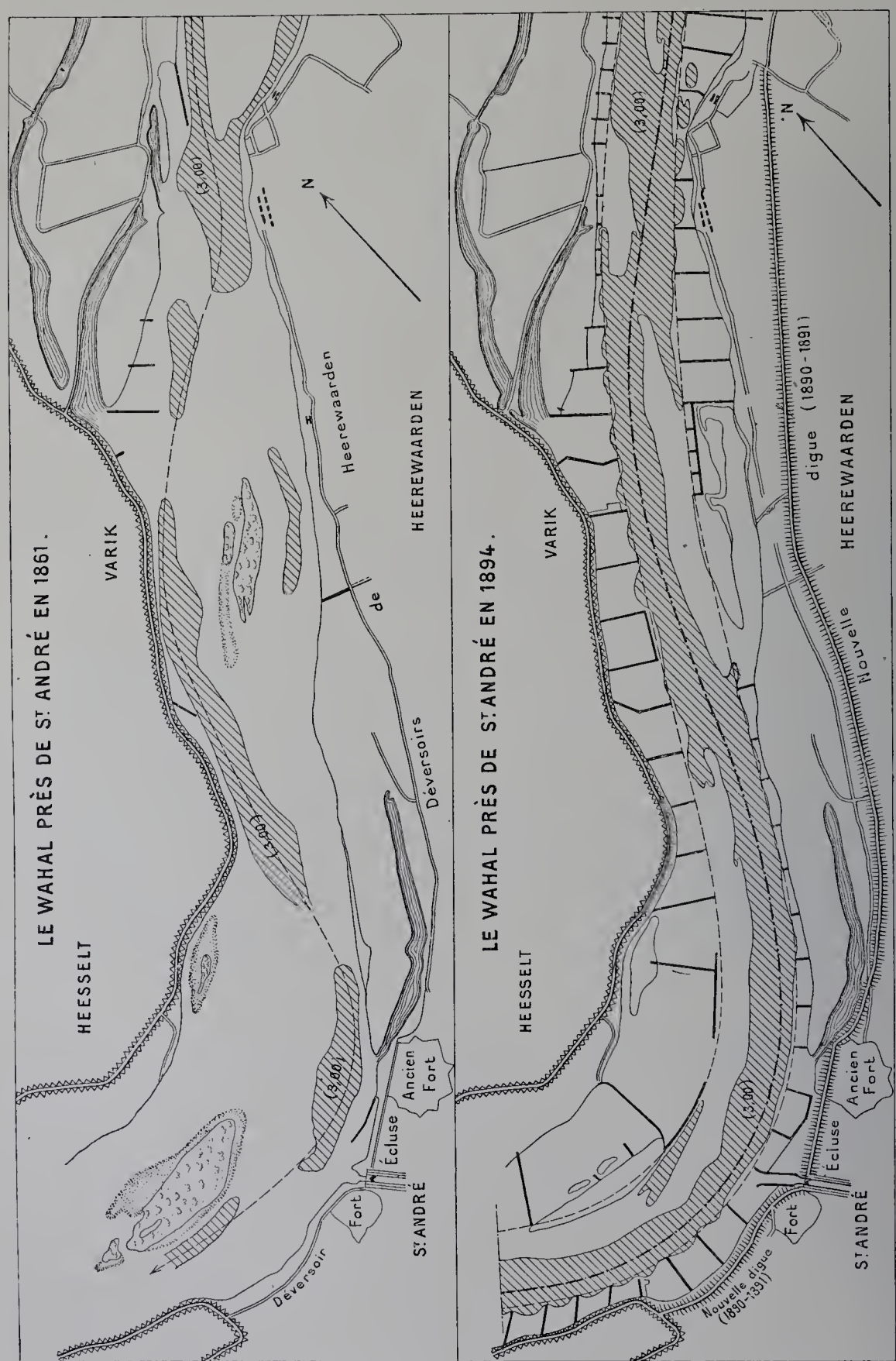


Fig. 163. — Correction du Wahal.

Après avoir considéré, dans leur ensemble, les travaux d'amélioration des cours inférieurs du Rhin et de la Meuse, il reste à exposer brièvement les dispositions et la marche des travaux pour les différentes parties de rivière prises en particulier, savoir : le haut Rhin et le Wahal; les Merwedes; le bas Rhin et le Lek; la nouvelle voie navigable de Rotterdam à la mer; la dérivation de l'embouchure de la Meuse.

Comme principaux collaborateurs du Ministère, nous citerons : MM. A. Keurenaer, ingénieur en chef; J. Castendijk, J.-C. Ramaer et M. van den Thoorn, ingénieurs principaux; K. du Croix et E. van Konynenburg, ingénieurs du Waterstaat.

Le haut Rhin et le Wahal. — On distingue trois périodes dans l'exécution des travaux :

1re période, 1849 à 1875. — On a amélioré les parties les plus défectueuses en adoucissant les coudes brusques, limitant les largeurs excessives et supprimant les bras multiples par le raccordement des bancs et des îles à l'une des rives, au moyen d'épis transversaux et de digues longitudinales. En 1856, on a construit le barrage éclusé de Saint-André pour séparer, sauf en temps de grandes eaux, le Wahal de la Meuse, en un point où, à la faveur de la dépression du terrain et du très proche voisinage des deux rivières, celles-ci venaient souvent à confondre leurs eaux.

2e période, 1876 à 1889. — L'amélioration a été étendue au cours entier de la rivière, dans laquelle on a formé un lit mineur continu, mesurant 360 mètres de largeur de la frontière allemande à Bommel et, de là, croissant graduellement vers l'aval jusqu'à une largeur de 400 mètres. Le lit majeur a été aussi régularisé. Ces travaux, terminés en 1888, ont donné des résultats insuffisants au point de vue de la navigation. Le tirant d'eau de 3 mètres (correspondant à l'état des eaux défini par la cote de 1 m. 50 à Cologne) faisait défaut en vingt-six points du parcours; en quelques endroits, il s'en fallait de 1 mètre que cette profondeur fût atteinte.

3e période, à partir de 1890. — On a repris les travaux; on a corrigé les courbures en raccordant les alignements droits par des courbes à courbures régulièrement croissantes ou décroissantes. En même temps, on a restreint la largeur du lit mineur de 360 à 310 mètres jusqu'à Hurwenen, où les marées commencent à se faire sentir, avec accroissement graduel jusqu'à 400 mètres (et 425 mètres dans les courbes) dans la partie d'aval. Le resserrement du lit a été obtenu par le prolongement des épis existants et par la construction d'épis intermédiaires dans les intervalles jugés excessifs. De 1890 à 1896, on a exécuté 18,125 mètres d'épis ou de levées longitudinales, par l'allongement de 318 épis et par la construction de 99 épis nouveaux et de 3 levées longitudinales. On draguait en même temps 8 millions et demi de mètres cubes, qui furent employés à remblayer les intervalles entre les épis jusqu'à la hauteur des eaux moyennes. On a conquis ainsi 150 hectares de terrains, protégés contre les courants par des clayonnages et des plates-formes en fascines recouvertes d'enrochements. Ces ouvrages de défense mesurent 13 kilomètres de longueur.

De 1852 à 1896, on a dépensé 3,119,200 francs sur le haut Rhin et

28,492,000 francs sur le Wahal, soit en tout 31,611,200 francs, dont 6,519,000 fr. de 1852 à 1870, 8,656,300 francs de 1871 à 1880, 10,331,300 francs de 1881 à 1890 et 5,779,000 francs de 1891 à 1896.

Les résultats obtenus ont été, cette fois, tout à fait satisfaisants.

Sur le haut Rhin, long de 10 kilomètres, on a créé, sur au moins 200 mètres de largeur, une profondeur minimum de 3 m. 20 (pour la cote 1 m. 50 à l'échelle de Cologne).

Sur le Wahal, le mouillage a atteint en 1896 au moins 2 m. 70, sur au moins 100 mètres de largeur.

Il s'en est suivi un notable accroissement dans les dimensions et dans la capacité des bateaux. Les plus grands mesuraient, en 1889, 79 mètres sur 10 m. 10, avec 2 m. 40 de tirant d'eau et 1,300 tonnes de chargement. On a construit, en 1895, des bateaux de 91 mètres sur 12 mètres, avec 2 m. 68 de tirant d'eau et 2,067 tonnes de chargement. Ces dimensions seront, sans doute, bientôt dépassées.

Les Merwedes. — A la suite de la grande inondation de 1421 qui creva la digue gauche de la Merwede et submergea le Hollandsch-Waard, en faisant, dit-on, périr 100,000 personnes, les eaux de la Merwede se frayèrent un chemin vers le sud, par un grand nombre de bras ou *killen* sillonnant une vaste étendue de terrains noyés. Dès lors, beaucoup d'eau passant par les killen, la navigation de la Merwede en souffrit. D'autre part, les alluvions et les glaces venant à obstruer les killen, les crues ne s'écoulaient pas suffisamment. On décida, en 1850, de fermer les killen et de leur substituer une nouvelle rivière, longue de 20 kilomètres, qu'on appelle la *Nouvelle-Merwede*. Il y a maintenant trois Merwedes : la *Merwede supérieure*, tronc commun de 9 kilomètres, entre Woudrichem et Werkendam, puis, à partir de Werkendam, d'une part, la *Merwede inférieure* de 15 kilomètres, coulant vers Dordrecht, et, d'autre part, la *Nouvelle-Merwede*, qui se jette dans le Hollandsch-Diep.

La Merwede supérieure et la Merwede inférieure, totalement régularisées, ont reçu : la première, une largeur croissante de 450 mètres à l'amont à 500 mètres à l'aval; la seconde, une largeur constante de 200 mètres. La Nouvelle-Merwede a reçu, pour son lit mineur, une largeur croissante, depuis 450 mètres jusqu'à 500 mètres, de l'amont à l'aval, et, pour son lit majeur, 300 mètres en plus de chaque côté. La digue insubmersible de gauche existe. Il reste à établir celle de droite et à compléter les dragages du lit mineur.

La Merwede inférieure et la Nouvelle-Merwede sont disposées pour débiter facilement les plus fortes crues du Wahal. Les Merwedes supérieure et inférieure constituent une excellente voie navigable; et la Nouvelle-Merwede pourra, après achèvement, rendre aussi de très bons services à la navigation. A mesure qu'elle s'approfondit, le plan d'eau qui, de 1856 à 1860, à la suite de la fermeture des killen, s'était relevé d'environ 0 m. 49 dans les Merwedes supérieure et inférieure, revient peu à peu à son ancien niveau.

Depuis 1850, on a déblayé 30 millions de mètres cubes et dépensé 37,800,000 fr. sur les trois Merwedes.

Le bas Rhin et le Lek. — En 1867, on a fixé les largeurs du lit, à savoir : pour le lit mineur, 170 mètres, sur le bas Rhin, de Pannerden à l'embouchure de l'Yssel; 150 à 200 mètres, sur le Lek, depuis l'embouchure de l'Yssel jusqu'à l'extrémité d'aval; et, pour le lit majeur, de 450 mètres à 500 mètres, depuis l'amont jusqu'à l'aval. Les travaux de régularisation ont entraîné l'exécution de 62 kilomètres d'épis ou de levées longitudinales, qui ont coûté 5,741,400 francs, auxquels il faut ajouter 1,293,000 francs, pour la coupure de Roodvoet et pour l'amélioration de Horde, soit, en tout, 7 millions jusqu'en 1895.

On reconnut, en 1892, que les dimensions attribuées au lit mineur ne procuraient pas la profondeur voulue, c'est-à-dire 2 mètres de tirant d'eau, quand l'échelle de Cologne marque 1 m. 50. Les largeurs du lit mineur furent alors ainsi modifiées : 200 mètres sur le bas Rhin; et, sur le Lek, de 130 mètres à l'amont à 225 mètres à l'aval. Il ne fut rien changé au lit majeur. Le Lek a maintenant 2 mètres de tirant d'eau à l'aval de Wreeswijk et au moins 1 m. 30 à l'amont (au lieu de 0 m. 96 en 1880). Grâce à l'activité apportée aux travaux d'amélioration, on ne tardera point à obtenir le mouillage de 2 mètres sur tout le parcours.

Nouvelle voie navigable de Rotterdam à la mer. — En 1857, la voie maritime de Rotterdam passait presque exclusivement par Brouwershaven ou Hellevœtsluis et par le canal de Voorne, construit de 1827 à 1829 pour suppléer la Meuse de Brielle et le Scheur, dont le tirant d'eau, autrefois considérable, était devenu insuffisant. L'accès de Rotterdam, très facile au moyen âge, était devenu si malaisé que, en 1880, un navire calant 5 m. 30 à 5 m. 50, pouvait mettre jusqu'à cinq et même jusqu'à huit jours pour gagner la mer.

La loi du 24 janvier 1863, qui décréta la construction d'un canal d'Amsterdam à la mer, décréta aussi l'amélioration de la voie navigable de Rotterdam à la mer. Il fut décidé : de fixer à 225 mètres la largeur de la Nouvelle-Meuse, à Krimpen, au confluent du Noord et du Lek; de faire croître graduellement cette largeur jusqu'à 450 mètres, à Wlaardingen; puis, suivant le Scheur et coupant le Hoek von Holland, de la porter progressivement jusqu'à 900 mètres, à l'embouchure dans la mer, où le chenal serait continué par des digues jusqu'aux fonds de 7 m. 20 au-dessous des hautes mers ordinaires. On avait compté qu'il suffirait de former dans les dunes du Hoek von Holland une tranchée de 4,500 mètres de longueur, 50 mètres de largeur et 3 mètres de profondeur au-dessous des basses mers, et que les courants de rivière et de marée achèveraient le déblai. Cet espoir fut déçu. On dut reconnaître qu'il faudrait creuser le lit artificiellement, d'autant que de forts amas de sable s'étaient déposés à l'embouchure. Là-dessus les travaux furent interrompus.

La loi du 26 juillet 1881 en décida la reprise, en vue de la création d'une rivière à marée. Les largeurs furent modifiées : 250 mètres à Krimpen, 340 mètres à Rotter-

dam, 450 mètres à Wlaardingen et 685 mètres (au lieu de 900 mètres) à l'embouchure. Les travaux, poursuivis sans interruption, ont coûté 43,680,000 francs depuis 1881 jusqu'à leur achèvement en 1896. La dépense depuis l'origine monte à 75,600,000 francs. On a enlevé en tout 56 millions de mètres cubes, dont 14 millions avant 1880. Les jetées de l'embouchure mesurent : celle du Nord, 2 kilomètres et celle du Sud, 2 kilom. 3. La longueur de la rivière est de 33 kilomètres de Rotterdam à la mer et de 11 kilomètres en amont de Rotterdam.

Les profondeurs obtenues dépassent les prévisions. En 1897, le monillage atteignait : 10 m. 40 devant l'embouchure; 10 mètres entre les jetées; 8 m. 20 à 9 mètres depuis les jetées jusqu'à Rotterdam.

En 1850, il n'arrivait à Rotterdam, par le canal de Voorne, que 1,940 navires de mer, jaugeant 346,186 tonneaux. En 1899, la nouvelle voie navigable livrait passage à 6,890 navires de mer, jaugeant 6,323,072 tonneaux.

Dérivation de l'embouchure de la Meuse. — On a reconnu par expérience les inconvénients de la conjonction de la Meuse avec le Wahal à Woudrichem, et de leur communication latérale, lors des grandes eaux, par les déversoirs de Heerewaarden, longs de 6,700 mètres (voir fig. 163). Ces inconvénients sont de trois sortes : 1° les crues du Rhin se produisant en général quelques jours après celles de la Meuse, prolongent ces dernières, au préjudice des terrains bas dont les eaux se déversent dans la Meuse; 2° le déversement latéral de Heerewaarden diminuant brusquement la vitesse d'écoulement : à l'aval, dans le Wahal; à l'amont, dans la Meuse, il en résulte, dans les conditions normales du débit, un trouble propre à favoriser les dépôts de sable et de limon; 3° lors des débâcles de glace, il y a tendance à embâcle, soit sur la Meuse, par suite du déversement des glaces du Wahal, venant s'ajouter à celles de la Meuse, soit sur le Wahal, par suite du ralentissement du courant.

Pour supprimer ces divers inconvénients, on a décidé de séparer la Meuse du Wahal par les moyens suivants : 1° transformation des déversoirs de Heerewaarden en digues insubmersibles; 2° fermeture du lit actuel de la Meuse, entre Heleinde, près Heusden, et Woudrichem; 3° ouverture, à partir de Heleinde, d'un nouveau lit débouchant directement dans le Hollandsch-Diep.

Cette nouvelle voie d'eau se nomme *Nouvelle-Rivière,* faute sans doute de pouvoir s'appeler *Nouvelle-Meuse,* ce dernier nom appartenant à un bras du Rhin. Elle mesure 35 kilomètres de longueur, et emprunte, sur les treize derniers kilomètres de son cours, depuis Keizersveer jusqu'au Hollandsch-Diep, un ancien bras de rivière, l'Amer, élargi et régularisé. La largeur de son lit mineur passe graduellement de 135 mètres, au Heleinde, à 230 mètres à Keizersveer et à 480 mètres à l'embouchure. Le lit majeur est formé, du Heleinde au Keizersveer, par deux digues insubmersibles, écartées l'une de l'autre de 500 mètres.

Le bras maintenant abandonné de la Meuse est barré en deux endroits : à Well, près du Heleinde, et auprès d'Andel, à 4 kilomètres de Woudrichem. Ce dernier bar-

rage est accompagné d'une écluse (de 100 mètres sur 20 mètres, avec portes à éventail), afin de permettre aux bateaux de la Meuse de parvenir au Wahal, en suivant le canal de Heusden, ancien bras de la Meuse qui joint la nouvelle rivière à la partie de l'ancien lit comprise entre les deux barrages. Ce canal a été élargi à 100 mètres, avec un chenal de 40 mètres, dragué à 2 m. 35 de profondeur, en vue de donner passage, sans que le courant devienne trop fort, aux eaux de flux et de reflux.

La modification de l'embouchure de la Meuse entraîne des changements considérables dans l'écoulement des eaux pour l'asséchement des terrains bas. Ces changements ne sont encore opérés qu'en partie. Tant qu'ils ne seront pas exécutés, on ne pourra pas mettre en action le nouveau régime fluvial, dont cependant les organes essentiels sont prêts à fonctionner; car, dès à présent, le creusement de la Nouvelle-Rivière, la régularisation de l'Amer et l'élargissement du canal de Heusden sont achevés. Même les déversoirs de Heerewaarden sont transformés en une digue qu'un faible surhaussement rendra insubmersible.

Les travaux faits ont coûté 39,900,000 francs. 5,880,000 francs étaient encore à dépenser en 1897.

En définitive, les Pays-Bas ont dépensé en travaux de rivière, tant pour les ouvrages précédemment décrits, que pour d'autres ouvrages qui n'ont pas été présentés à l'Exposition, plus de 280 millions pendant la seconde moitié du dernier siècle; et ils sont parvenus, moyennant cette dépense, à instituer, pour leurs rivières, un régime simple, judicieux, fondé sur l'observation des conditions normales du mouvement des eaux, qui donne pleine satisfaction, tant aux besoins d'une très active navigation de fort tonnage, qu'à la nécessité, plus impérieuse dans les Pays-Bas que partout ailleurs, d'écouler les crues avec sécurité.

Municipalité de Rotterdam. — **Travaux du port.** — Les anciens bassins de la rive droite de la Meuse datent de la seconde moitié du XVIe siècle et de la première moitié du XVIIe siècle, c'est-à-dire du temps où le commerce et la navigation de la Hollande atteignirent leur apogée. Très spacieux pour l'époque, ils ont suffi à tous les besoins jusqu'à l'introduction de la navigation à vapeur, qui amena, vers le XIXe siècle, la construction des quais de la rive droite, ainsi que des bassins dits *Westerhaven* et *Weerhaven*, à l'aval des anciens bassins. L'exécution de la nouvelle voie navigable de Rotterdam à la mer eut pour effet, à raison de l'accroissement de trafic, qui devait en résulter, d'étendre le port sur la rive gauche, par la construction, de 1870 à 1880, du *Koningshaven*, du *Spoorweghaven*, du *Binnenhaven* et de l'*Entrepôthaven*. A partir de 1880, commence une période d'activité commerciale extrêmement intense. L'amélioration des rivières, le développement extraordinaire de la navigation rhénane, le succès des travaux entrepris à nouveau sur la voie de Rotterdam à la mer, placent le port dans des conditions exceptionnellement favorables et amènent une recrudescence de trafic sans précédents dans l'histoire des ports de commerce.

Fig. 164. — Plan du port de Rotterdam.

Alors que, de 1889 à 1899, le mouvement maritime augmente de 69 p. 100 à Anvers, de 62 p. 100 à Hambourg, de 59 p. 100 à Cardiff, de 42 p. 100 à Brême, il s'accroît à Rotterdam de 125 p. 100. De nouveaux bassins deviennent indispensables. Les nombreux corps-morts établis dans la rivière ne suffisent plus à l'amarrage des navires qui transbordent leurs cargaisons dans les bateaux de rivière. Un grand bassin de 30 hectares, le *Rijnhaven,* est livré au commerce en 1893; bientôt après sont terminés les deux *Katendrechtsche haven* et l'on commence la construction du *Maashaven,* mesurant 58 hectares, qui sera terminé vers 1902. Ces nouveaux bassins, établis sur la rive gauche, à l'aval du Spoorweghaven, sont accompagnés de spacieux terre-pleins et de vastes emplacements pour les installations industrielles.

Dans son état actuel, sans compter le Maashaven, qui est en construction, et la surface d'eau fournie par la rivière, le port de Rotterdam comprend :

Sur la rive droite, 6 quais en rivière et 20 bassins offrant, avec 1 m. 90 à 8 mètres de tirant d'eau, 58.83 hectares de surface d'eau et 18,230 mètres de murs de quai; sur la rive gauche, y compris Noorder-Eiland, 11 quais en rivière et 13 bassins, offrant, avec 3 mètres à 8 m. 50 de tirant d'eau, 64.82 hectares de surface d'eau et 12,270 mètres de murs de quai; soit, en tout, 123.67 hectares de surface d'eau et 30,500 mètres de murs de quai.

Quand le Maashaven sera terminé, la surface d'eau des bassins dépassera 180 hectares.

Les bassins et établissements à pétrole sont rangés le long du fleuve, à l'aval du Maashaven et des docks flottants. Ceux-ci, au nombre de trois, construits et exploités par la ville, sont installés dans un bassin spécial.

Les quais de la rive droite, resserrés entre les bassins et les maisons, sont très étroits. On n'y trouve ni voies ferrées, ni abris pour les marchandises, ni engins de manutention. De nombreux magasins existent, à l'ancienne mode, dans les maisons bordant les quais et dans les rues avoisinantes.

Les quais de la rive gauche, très spacieux, sont au contraire aménagés à la moderne et bien outillés en voies ferrées, en hangars, en magasins, en engins de manutention. Les magasins, à un ou plusieurs étages, y occupent une surface d'environ 2 hectares, et les hangars une surface de 10 hectares.

Les engins de manutention comprennent : 80 grues, dont 5 à main, 12 hydrauliques, 34 à vapeur et 29 électriques; 5 cabestans électriques de 1.5 à 2 tonnes et 4 élévateurs-déverseurs de houille, dont 2 hydrauliques, 1 à vapeur et 1 électrique. Il y a 5 grues fixes : 1 de 60 tonnes, 3 de 30 tonnes et 1 de 4 tonnes; 3 grues flottantes de 16 tonnes et 72 grues mobiles de 1.5 à 3 tonnes, dont 10 hydrauliques, 33 à vapeur et 29 électriques.

Les entrées par mer dans le port de Rotterdam se chiffrent :

En 1880, par 3,456 navires avec 1,681,650 tonneaux de jauge;

En 1890, par 4,536 navires avec 2,918,425 tonneaux de jauge;

En 1899, par 6,890 navires avec 6,323,072 tonneaux de jauge.

Le tonnage moyen des navires a passé de 487 tonneaux, en 1880, à 643 tonneaux en 1890 et à 918 tonneaux en 1899.

Le mouvement de la navigation fluviale se chiffre :

En 1880, par 63,542 bateaux jaugeant 4 millions de mètres cubes;

En 1890, par 89,969 bateaux jaugeant 8 millions de mètres cubes ;

En 1899, par plus de 100,000 bateaux jaugeant 14.5 millions de mètres cubes.

La seule navigation rhénane s'est élevée de 2,376,301 tonnes, en 1889, à 6,867,164 tonnes en 1899. Elle a gagné 189 p. 100, c'est-à-dire presque triplé, dans les dix dernières années. Le trafic total par chemin de fer, à Rotterdam, n'atteint pas le tiers du trafic rhénan par eau.

Par l'importance de son trafic maritime, Rotterdam se place au troisième rang des ports du continent européen, après Hambourg et Anvers, qu'il serre de très près.

De 1874 à 1895, la commune a dépensé, pour l'extension et l'outillage de ses bassins, la somme de 45,780,000 francs.

Les travaux du port sont exécutés sous la direction de MM. J. de Jongh, directeur, et van Ysselsteyn, sous-directeur de ces travaux.

Compagnie du chemin de fer hollandais, à Amsterdam. — La Compagnie du chemin de fer hollandais s'est fondée à Amsterdam le 8 août 1837, pour construire et pour exploiter le premier chemin de fer exécuté en Hollande, à savoir la ligne d'Amsterdam à Harlem, inaugurée le 20 septembre 1839 et prolongée ensuite de Harlem à Leyde (1842), puis à la Haye (1845), et à Rotterdam (1847). De nouvelles lignes s'ajoutèrent à ce tronc principal d'Amsterdam à Rotterdam, d'abord avec lenteur, jusqu'en 1880, puis avec activité. A partir du 15 octobre 1890, la Compagnie exploite, outre son propre réseau, une partie du réseau construit par l'État; elle exploite, en outre, près de 300 kilomètres en commun avec la Compagnie pour l'exploitation des chemins de fer de l'État et avec la Compagnie du chemin de fer central néerlandais. L'ensemble du réseau exploité en 1898 par la compagnie du chemin de fer hollandais comprend : 1,057 kilomètres de lignes principales, 230 kilomètres de lignes d'intérêt local et 28 kilomètres de lignes vicinales (tramways à vapeur), soit un total de 1,315 kilomètres.

Les lignes principales et une partie des lignes d'intérêt local sont à double voie. Il y a peu de courbes et peu de déclivités. Sur les lignes principales, les alignements droits tiennent 80 p. 100 et les paliers 64 p. 100 du parcours. La plus forte déclivité est de 1/94 et le plus petit rayon de courbure est de 300 mètres. Si les tracés en plan et en profil sont simples, par contre les ouvrages d'art sont nombreux et importants. On compte 522 ponts, dont 474 fixes et 48 mobiles. Parmi les premiers, il en est de très considérables, tels les ponts sur le Rhin, près Rennen, le pont de la basse Merwède, près Baanhoek, et le pont sur l'Ijssel, près Deventer, qui mesurent tous trois environ 500 mètres de longueur, et dont les travées atteignent 104 m. 71 au pont de la Merwède. La gare centrale d'Amsterdam, inaugurée en octobre 1889 et occupant

17 hectares pour le service des voyageurs, a présenté de graves difficultés de construction par suite du peu de consistance du terrain.

Institut royal des ingénieurs néerlandais. — L'Institut royal des ingénieurs néerlandais expose le *Mémorial,* publié en 1897 à l'occasion du cinquantenaire de sa fondation. C'est un beau volume in-folio, d'une exécution très soignée, que M. l'ingénieur E. van Konynenburg a illustré avec beaucoup de goût. On y trouve des renseignements très complets et très instructifs sur les travaux publics de la Hollande et de ses colonies.

Le 31 août 1847, furent arrêtés, à l'initiative de M. l'ingénieur en chef W. Conrad, les statuts de l'Institut royal des ingénieurs néerlandais, par 186 adhérents, exerçant la profession d'ingénieur ou s'occupant des sciences qui se rattachent à cette profession. Lors du cinquantenaire, on comptait 783 membres. Un conseil de direction, élu par les membres ordinaires, régit l'Institut, dont le siège, fixé d'abord à Delft, à l'Académie pour la formation des ingénieurs civils, est transféré à la Haye depuis 1860.

Outre son annuaire, l'Institut publie, par les soins du conseil de direction, assisté d'un secrétaire, un recueil annuel contenant, avec les procès-verbaux des séances, des mémoires, des communications techniques et des comptes rendus de publications étrangères. Une section, dite *des Indes néerlandaises,* fixée à Java, publie également un recueil annuel. La bibliothèque, enrichie par des legs importants, est pourvue d'un catalogue, remis à jour en 1887 et complété en 1895. L'Institut a pris une part prépondérante à l'organisation du sixième congrès international de navigation, tenu à la Haye en 1894, congrès où fut décidée la fusion des congrès de navigation intérieure et de travaux maritimes, particulièrement désirée par les ingénieurs néerlandais, à raison de l'intime connexion qui, pour eux plus que pour les ingénieurs d'aucun autre pays, existe entre les travaux de mer et les travaux de rivières.

PORTUGAL.

Le Portugal avait construit, en 1889, les lignes essentielles de son réseau de chemins de fer. Ce réseau, passant de 2,060 kilomètres à 2,375 kilomètres, depuis le 31 décembre 1889 jusqu'au 31 décembre 1899, ne s'est accru, pendant cet intervalle de dix ans, que de 315 kilomètres. C'est à des travaux à la mer que le Portugal, état essentiellement maritime, a surtout appliqué ses ressources dans les dernières années. Il a dépensé des sommes considérables pour améliorer ses ports du continent et des îles de l'océan Atlantique; les Açores, les Canaries, les îles du Cap-Vert. Ces ports des îles, situés sur la route des navires qui se rendent soit au golfe du Mexique, soit au Brésil et à la côte occidentale d'Afrique, sont d'importants ports de relâche qu'il fallait aménager de manière qu'ils pussent offrir un abri sûr et suffisamment spacieux. Il était indispensable aussi d'améliorer le port de Lisbonne et de pourvoir d'un port la ville commerciale de Porto. Depuis quinze ans, le Portugal a consacré à ces travaux 138,500,000 francs. Il a fait aussi quelques dépenses dans les ports, très bien choisis au point de vue des conditions d'abri, qu'il possède, de longue date, sur les côtes d'Afrique et d'Asie.

Hersent et fils, à Paris. — **Exploitation du port de Lisbonne.** — Le port de Lisbonne a déjà été décrit. (Voir *France, Constructeurs, Hersent.*)

Association des ingénieurs civils portugais, à Lisbonne. — **Port de Leixoes.** — L'importante place commerciale de Porto, située à l'embouchure du Douro, manquait d'un port suffisamment profond. Les navires calant plus de 6 mètres, qui venaient y prendre chargement, étaient obligés, par gros temps, de s'éloigner de la côte pour n'être pas brisés sur les rochers. Le port de Leixoes a été créé, à 4 kilomètres de Porto, pour leur donner abri. Il se compose de deux digues, appuyées à des rochers (Leixoes), enveloppant un espace à peu près rectangulaire de 92 hectares. La passe, tournée au sud, a 220 mètres d'ouverture.

La digue, analogue dans sa structure à celle de Marseille, est constituée par un massif d'enrochements naturels défendus du côté du large par des blocs artificiels, jetés pêle-mêle. Un mur d'abri, d'environ 5 mètres d'épaisseur moyenne, fondé sur le massif central, à 2 mètres au-dessus des plus basses mers, s'élève à 9 m. 80 au-dessus du même niveau; il est enveloppé d'enrochements vers l'intérieur, de blocs factices vers l'extérieur, sur plus de moitié de son élévation. Les blocs factices mesurent 20 mètres cubes et les plus gros blocs naturels pèsent en moyenne 8 tonnes.

Malgré le poids considérable de ces matériaux, les jetées, tant du nord que du sud, ont subi, à plusieurs reprises, de fortes avaries par le fait des tempêtes extrêmement violentes qui surviennent en ces parages. Pendant la construction, en 1888, il y eut à

faire une réparation de 500,000 francs. En 1892, au moment où les travaux allaient être reçus, une partie des œuvres hautes fut détruite ou disloquée, et l'un des titans, employés dans la construction, fut culbuté dans la mer, malgré son poids de 450 tonnes.

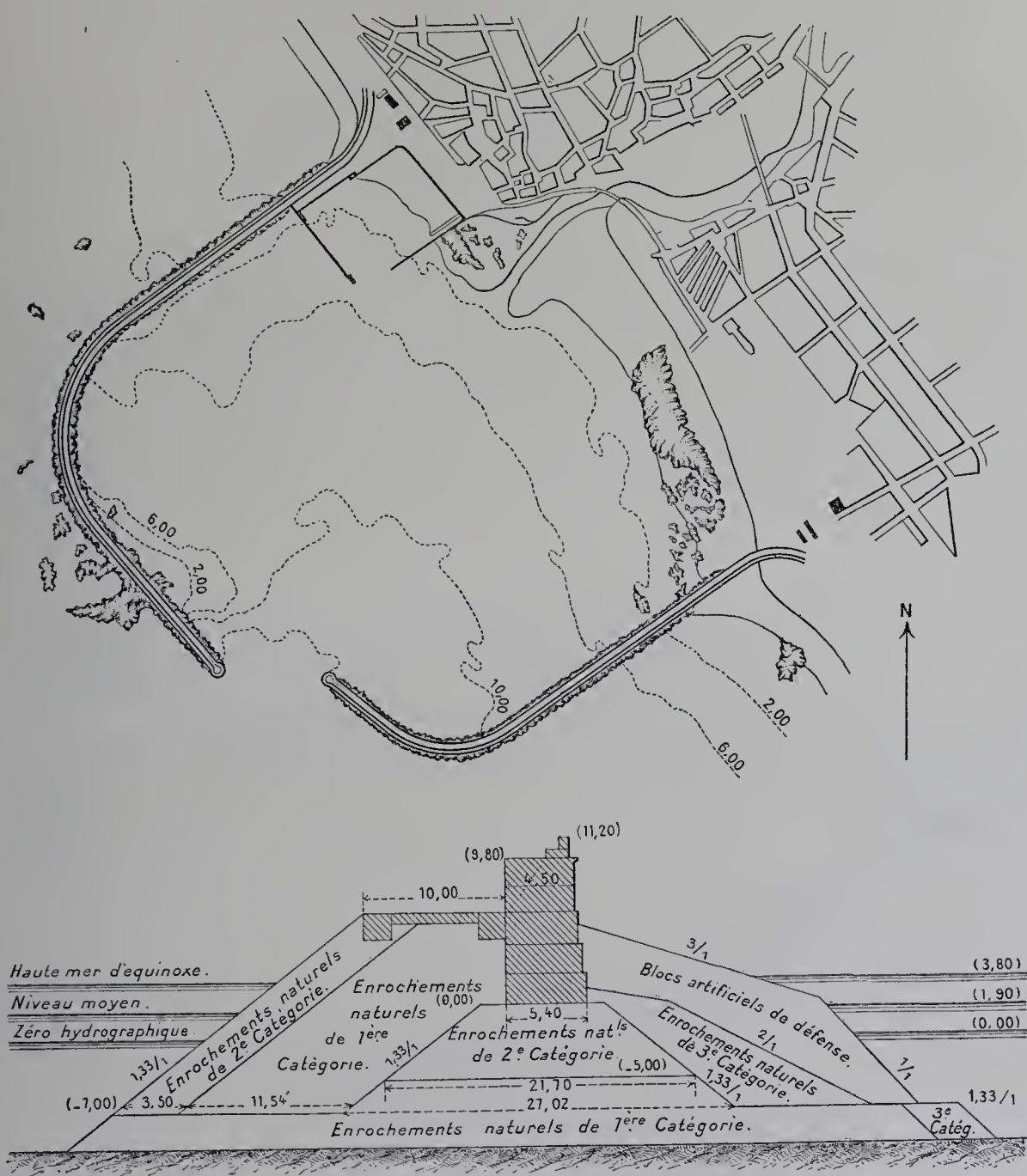


Fig. 165. — Plan du port de Leixoes et coupe de la jetée.

D'autres avaries graves furent encore produites par les tempêtes de décembre 1896, de décembre 1897 et du commencement de 1899. Les dépenses faites jusqu'ici au port de Leixoes dépassent 27 millions de francs.

Principaux collaborateurs : MM. les ingénieurs Dias (Pereira), directeur des travaux du port de Leixoes; Cordeiro et Couraça (da Costa), auteurs de divers travaux exposés par l'Association des ingénieurs civils portugais.

Direction des travaux du port de Ponta-Delgada (Açores). — L'île de Saint-Michel, la principale des Açores, qui fait un important commerce d'exportation de fruits avec l'Angleterre, et de céréales avec le Portugal, n'offrait encore, au milieu du XIXe siècle, aucun abri sûr aux navires de faible tonnage qui venaient y prendre chargement. La construction d'un port fut entreprise en 1861, à Ponta-Delgada, capitale de l'île, sous la direction d'ingénieurs anglais. Ceux-ci appliquèrent à la construction de la jetée d'abri, le procédé encore employé le plus souvent à cette époque. Ils la formèrent d'un massif d'enrochements tout venants, surmonté d'un mur d'abri. Malheureusement les matériaux étaient friables et les tempêtes très violentes. L'entreprise primitive montait à 3 millions. Près de 16 millions avaient été dépensés en 1887, sans que le projet, plusieurs fois remanié et d'ailleurs agrandi, fût mené à bien. On décida de recourir à l'emploi des blocs factices. L'achèvement de la jetée fut adjugé pour 7 millions et poursuivi avec succès jusqu'en décembre 1894. Mais alors survint une tempête d'une violence extraordinaire, qui précipita dans la mer le titan servant à la construction et bouleversa les travaux en y faisant pour 2 millions de dommages. Les entrepreneurs obtinrent de résilier. L'État a récemment repris les travaux qui sont continués en régie. Aux 30 millions déjà dépensés, il faudra peut-être en ajouter cinq pour finir le port.

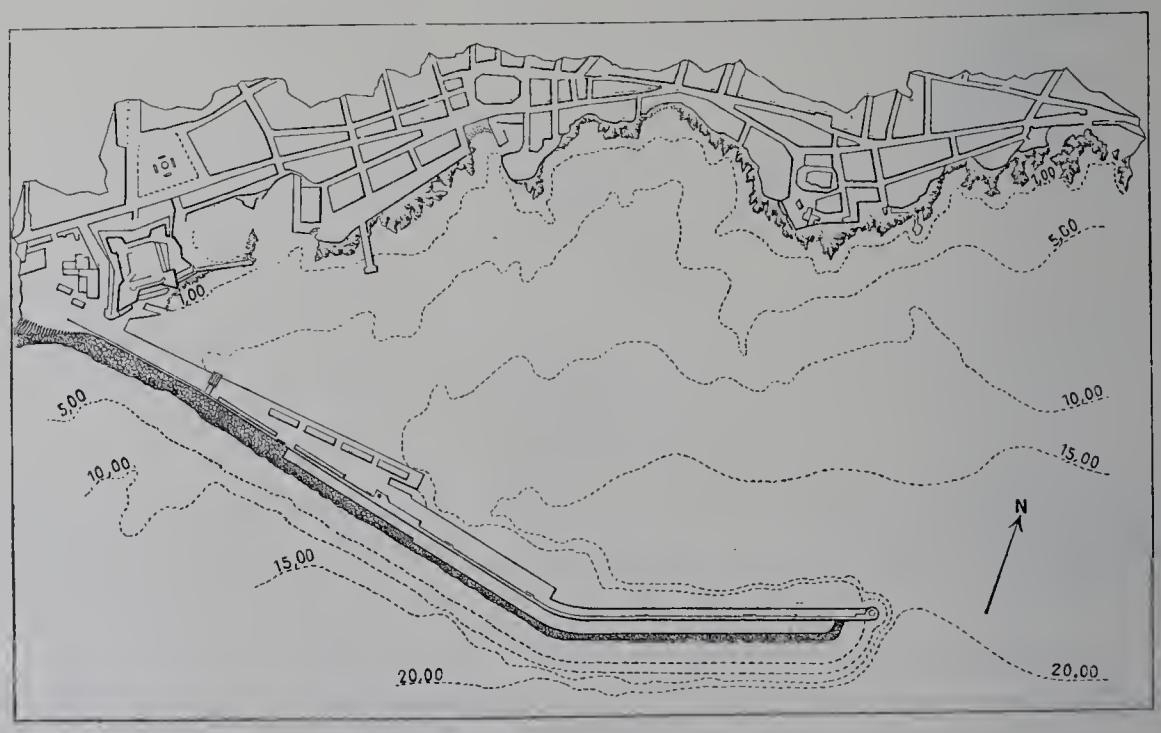


Fig. 166. — Port de Ponta-Delgada (Açores).

Le projet définitif comporte une jetée de 1,290 mètres de longueur, dirigée suivant deux alignements, avec mur de quai vers l'intérieur et pente très adoucie vers l'extérieur. Une risberme supérieure, en blocs factices, protège le massif du côté du large. Le mur d'abri, renforcé par des voûtes sur contreforts, mesure 10 à 13 mètres d'épaisseur.

L'espace abrité se trouve porté à 43 hectares. Le programme primitif a été grande-

ment élargi. Il ne s'agit plus de créer un petit port en vue du commerce local. On veut offrir à la grande navigation transocéanique un espace bien abrité, où les navires puissent faire des vivres et du charbon et, au besoin, trouver un refuge assuré. De 1895 à 1899, le nombre des navires entrés dans le port a passé de 479 à 746 et leur tonnage a progressé de 540,000 tonnes à 1,409,300 tonnes. On voit par là que le Portugal, en ne reculant devant aucun sacrifice pour mener à bien cette entreprise ardue, mal commencée par malheur, du port de Ponta-Delgada, a tenu à honneur de servir l'intérêt général plus que son intérêt particulier.

Le directeur actuel des travaux est M. l'ingénieur D. Moreira da Motta.

Direction des travaux publics à Funchal (Madère). — Le port de Funchal est limité par un môle courbe d'environ 300 mètres de longueur, qui abrite des fonds de 6 à 10 mètres. Une tempête d'une extrême violence ayant depuis peu ruiné ce môle, on le reconstruit à l'aide d'un titan, en avant de son alignement primitif, suivant un profil analogue à celui des jetées de Leixoes : massif d'enrochements défendu, vers le large, par une coulée de blocs factices, portant un mur d'abri au milieu et un mur de quai à l'intérieur.

Le directeur des travaux est M. l'ingénieur von Hafe.

Association de conducteurs de travaux publics et de mines, à Lisbonne. — Cette association fait paraître une modeste, mais estimable publication.

Institut industriel et commercial de Lisbonne. — Entre autres objets destinés à l'enseignement, l'Institut industriel et commercial expose une intéressante série de modèles en bois pour l'instruction des élèves. Il y a profit à substituer des représentations en relief à de simples images tracées sur le papier.

IMPRIMERIE NATIONALE.

ROUMANIE.

La Roumanie a, dans le dernier quart de siècle, beaucoup développé ses voies de communication de toute nature. La longueur de ses routes et de ses chemins a passé de 5,165 kilomètres, en 1876, à 12,931 kilomètres en 1887, pour atteindre, en 1898, 19,977 kilomètres, comprenant 6,750 kilomètres de routes nationales et départementales et 13,227 kilomètres de chemins communaux et vicinaux. En 1892, on a aboli les péages sur les ponts-routes.

Les chemins de fer appartiennent à l'État qui les exploite. Leur développement kilométrique a passé de 2,475 kilomètres au 31 décembre 1889, à 3,052 kilomètres au 31 décembre 1898. La moyenne kilométrique de la dépense de construction est de 267,225 francs. Les recettes se sont élevées, en 1898 : pour les voyageurs, à 19,643,731 francs; pour leurs bagages, à 1,630,812 francs; pour les marchandises en grande vitesse, à 1,703,389 francs; et, pour les marchandises en petite vitesse, à 32,338,324 francs; soit, au total, à 55,316,256 francs.

La Roumanie s'est illustrée dans les travaux de chemins de fer, au cours des dix dernières années, par la construction des grands ouvrages de la traversée du Danube, à Cernavoda.

Elle organisait en même temps un service de transports fluviaux et maritimes par bateaux à vapeur, et créait, sur la mer Noire, le port de Constantza, qui est desservi par chemin de fer depuis l'achèvement du pont de Cernavoda, et qu'on s'applique à terminer.

De vastes docks-silos pour la réception et le chargement des grains ont été construits dans les ports danubiens de Braïla et de Galatz.

Direction générale des chemins de fer roumains, à Bucarest. — **Pont Carol Ier. Docks de Galatz.**

Pont Carol Ier. — Le pont Carol Ier, situé sur le Danube, à 280 kilomètres de l'embouchure de ce fleuve, fait communiquer la Roumanie avec la Dobrudscha et relie le réseau roumain au port de Constantza. Un concours international fut institué, en 1881, pour la construction de ce grand ouvrage. Le Jury comprenait un ingénieur autrichien, un français et trois roumains. Huit projets furent présentés, et deux furent primés, un français et un allemand; mais le Jury estima qu'aucun d'eux ne se trouvait assez satisfaisant pour être exécuté. A la suite d'une consultation internationale, il fut décidé que le pont serait construit en acier fondu, selon le type cantilever, récemment illustré par son application au pont du Forth. Le projet fut étudié et arrêté sur ces bases, au bureau des ponts et chaussées roumains, par M. l'ingénieur en chef Anghel-Saligny.

La largeur de la plaine du Danube, à l'emplacement du pont, est de 21 kilomètres. Cette traversée comprend, de Cernavoda à Fétesti :

Un pont sur le Danube, en 5 travées cantilever, de 137 à 196 mètres. .	774m 00
Un viaduc d'approche en 15 travées de 60 m. 85.	912 75
Une levée pleine de 4,200 mètres	"
Le viaduc de la Balta, en 34 travées de 42 m. 80	1,455 20
Une levée pleine de 6,100 mètres	"
Un viaduc de raccordement en 8 travées de 51 m. 20.	409 60
Le pont sur la Borcea en 3 travées cantilever.	418 20
Un viaduc de raccordement en 3 travées de 51 m. 20.	153 60
Longueur totale des ponts et viaducs métalliques. . . .	4,123m 35

Nous avons décrit précédemment le pont sur le Danube, exécuté par la Compagnie de Fives-Lille (voir *France, Constructeurs, Compagnie de Fives-Lille*) et le pont sur la Borcea, exécuté par MM. Schneider et Cie (voir *France, Constructeurs, Schneider et Cie*). Les viaducs, composés de poutres droites appuyées sur des piles en maçonnerie ont été exécutés, pour la partie métallique, par la société belge J. Cockeril, de Seraing, à la réserve de 6 travées attenant au pont de la Borcea, qui ont été construites par MM. Schneider et Cie.

Les quantités des travaux exécutés sont les suivants :

Cube total des maçonneries des ponts et viaducs.	110,207 m. c.
Poids total de la superstructure et des caissons.	16,823 tonnes.
Cube des terrassements sur 21 kilomètres	2,950,000 m. c.
Cube de la maçonnerie des perrés.	66,000 m. c.

Les chiffres de dépense sont les suivants :

Pont sur le Danube	9,928,838 francs.
Pont sur la Borcea	3,834,217
Viaducs.	5,605,752
Terrassements, perrés, ponceaux	5,876,410
Total de la dépense.	25,245,217

La ligne a été livrée à la circulation le 26 septembre 1895.

Au nom de M. l'inspecteur Anghel-Saligny, auteur du projet et directeur des travaux, doivent être joints ceux de M. l'inspecteur général J. Baiulêsco et de M. l'ingénieur en chef St. Gheorghion qui l'ont secondé dans les études et dans l'exécution de ce grandiose ensemble d'ouvrages. Le Jury a distingué aussi M. l'ingénieur, entrepreneur de travaux, D. Jarka.

Docks de Galatz (1887-1891). — Les docks de Galatz et ceux tout pareils de Braïla sont établis dans des ports qu'on a construits à leur usage. Ces ports situés sur

le bas Danube, à peu de distance l'un de l'autre et à 150 kilomètres environ de l'embouchure de Sulina, consistent chacun en un bassin de 500 mètres de longueur sur 120 mètres de largeur et 5 mètres de profondeur, avec passe oblique débouchant dans le fleuve. Un mur de quai de 500 mètres borde le bassin sur le long côté opposé à l'entrée.

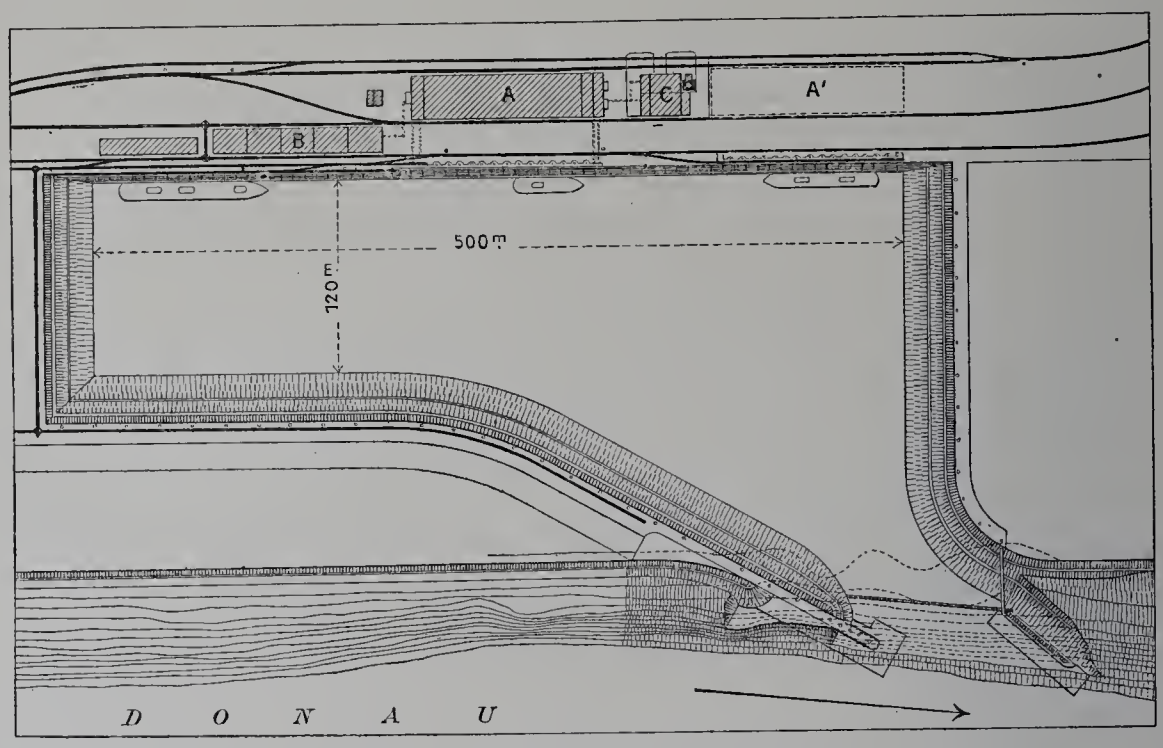


Fig. 167. — Docks de Galatz (Roumanie).

Les docks sont principalement destinés à recevoir, soit par bateaux, soit par wagons, les grains que la Roumanie produit en abondance et à les livrer à l'exportation après rechargement en bateaux ou en wagons. Aussi le bâtiment principal consiste-t-il en un immense grenier à silos A (il doit y avoir plus tard deux de ces bâtiments A et A') situé à 35 mètres du quai et mesurant 120 mètres de longueur sur 28 mètres de largeur et 18 m. 14 d'élévation au-dessus d'un sous-sol de 4 m. 50 de profondeur. Outre cet édifice, il existe, au bord du quai, un magasin à deux étages, de 104 mètres de longueur sur 16 mètres de largeur, B, destiné à recevoir les marchandises en ballots, caisses ou barils; à côté du grenier à silos, un bâtiment C, contenant les chaudières et la machine à vapeur de 500 chevaux, immédiatement installée en vue d'actionner, dans les deux greniers, les mécanismes de transport et de nettoyage des grains et d'aider à la manœuvre des wagons.

Le bâtiment principal est occupé, dans sa partie centrale, sur 96 m. 50 de longueur et 25 m. 34 de largeur, par des puits hexagonaux couvrant toute la surface et tenant 17 m. 74 en hauteur. Sur les 3/4 de la surface, les hexagones mesurent 3 m. 14 de diamètre intérieur; sur le dernier quart, ils mesurent 2 m. 40. Les parois de ces puits hexagonaux sont des panneaux de ciment armé de 0 m. 10 d'épaisseur, construits à l'avance et reliés ensemble, sur les arêtes, à l'aide des fils de fer qui les traversent; on

bouche les vides avec du ciment. A chaque extrémité du bâtiment principal se trouve un compartiment occupé par les élévateurs. A l'un de ces compartiments, celui du nord, est adjoint une travée renfermant des épurateurs, cribles et ventilateurs, pour le nettoyage du grain.

Dans le sous-sol existent en souterrain, pour la circulation du grain sur des toiles sans fin :

1° Une galerie longitudinale, bordant le quai, en communication avec 15 puits, adjacents à cette galerie, destinés à recevoir le grain à charger dans les bateaux;

2° Deux galeries transversales reliant, à ses deux bouts, la galerie longitudinale du quai avec les élévateurs occupant les extrémités du grenier à silos;

3° Trois galeries longitudinales joignant ensemble les deux précédentes, au-dessous des silos, pour recevoir le grain qu'on fait écouler de ceux-ci.

Dans le comble, au-dessus des silos, sont encore disposées longitudinalement trois toiles sans fin pour le remplissage des silos. Enfin, diverses voies ferrées, communiquant les unes avec les autres, sont disposées le long du quai et le long du grenier à silos, pour recevoir les wagons à charger ou à décharger. Une voie plus large, située au bord du quai, au-dessus de la galerie souterraine longeant ce quai, sert à la circulation de deux élévateurs, portant chacun un moteur à vapeur de 33 chevaux, l'un plus spécialement affecté au déchargement des bateaux, l'autre uniquement destiné à leur chargement.

Le déchargement se fait au moyen de l'élévateur à télescope, qui puise le grain dans le bateau avec un appareil à godet renfermé dans un tube télescopique, le transporte au-dessus du quai à l'aide d'une toile sans fin, disposée horizontalement en haut de l'élévateur, et le laisse tomber, par un tube vertical, dans un wagon ou, par un conduit oblique, sur la toile sans fin de la galerie longitudinale du quai. De cette toile sans fin il passe sur celle de l'une des galeries transversales, qui l'amène aux élévateurs du bâtiment principal, par lesquels, après avoir été nettoyé, s'il y a lieu, il est monté au sommet de l'édifice, repris par une toile sans fin longitudinale et versé dans un silo. Le grain amené par wagon, pour être emmagasiné en silo, est pris par la toile sans fin de l'une des galeries transversales, dans une chambre qui prolonge cette galerie et dans laquelle il tombe directement du wagon.

Le grain à charger est amené des silos, par les toiles sans fin, dans la galerie du quai et, de là, répandu dans les puits attenants à cette galerie, où il est repris par l'élévateur, qui le verse dans le bateau. La puissance de chargement et de déchargement des élévateurs est de 150 tonnes de grain à l'heure.

La capacité totale des silos du bâtiment principal est de 35,000 mètres cubes.

Collaborateur principal : M. l'inspecteur général Harjeu, directeur des docks de Galatz et de Braila.

Direction générale du port de Constantza, à Bucarest. — Grâce à la traversée du Danube, en chemin de fer, établie à Cernavoda, on a pu créer, sur la mer Noire, à

l'extrémité de la voie ferrée, un port servant de débouché maritime à la Roumanie. Les ouvrages du port de Constantza se composent : d'une digue du large, de 1,380 mètres de longueur, atteignant à son extrémité les fonds de 10 mètres et d'une digue de clôture, ouverte par une passe de 160 mètres; ces deux digues abritant un espace polygonal d'environ 83 hectares, subdivisé par deux môles, le Vieux Môle et le Nouveau Môle, en trois parties : l'Avant-Port, de 39 hectares; le Vieux Bassin, de 24 hectares, et le Nouveau Bassin, de 20 hectares.

Le môle vieux mesure 250 mètres de longueur sur 90 mètres de largeur, et le môle neuf 300 mètres de longueur sur 130 mètres de largeur. Le développement des quais atteindra 3,370 mètres. Les terre-pleins conquis sur la mer, et formés avec les produits des dragages, mesurent environ 90 hectares de superficie.

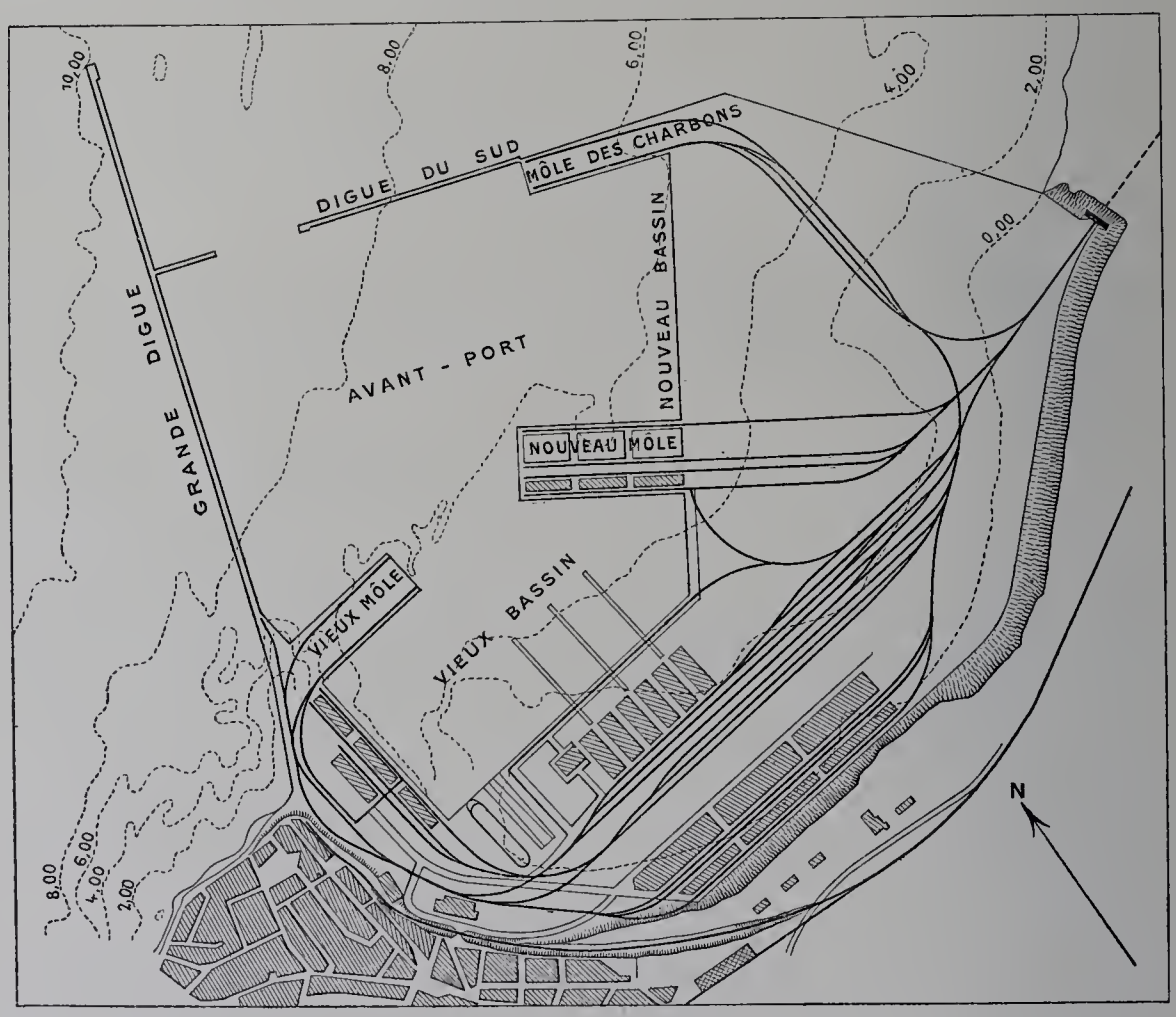


Fig. 168. — Port de Constantza.

Tout le port doit être creusé à 8 mètres au-dessous des eaux moyennes, d'où un déblai de 1,131,000 mètres cubes, y compris 105,000 mètres cubes de dérochements. Les digues sont formées d'une infrastructure en enrochements, recouverte par un massif en blocs factices arrimés, et défendue par un revêtement de blocs semblables du côté du large. Sur le massif en blocs factices s'appuie une plate-forme en béton surmontée par un mur d'abri en maçonnerie. Les murs de quai se composent d'une partie

haute en maçonnerie reposant sur des blocs factices arrimés. Le cube des enrochements doit atteindre 222,000 mètres cubes, celui des blocs factices en béton, 135,000 mètres cubes, et celui des plates-formes en béton, 13,000 mètres cubes.

Le Vieux Bassin, principalement affecté aux exportations de grains, est bordé, sur la face ouest, de magasins en silos, au nombre de six, mesurant chacun 3,200 mètres carrés, et desservis, comme d'ailleurs les autres parties du port, par des voies ferrées. Deux bassins de radoub et un plan incliné pour la réparation des navires de faible tonnage seront établis dans le Vieux Bassin.

Les travaux, estimés 26 millions de francs, non compris les formes de radoub, devront être terminés dans un délai de six ans à dater de mars 1896.

Collaborateurs principaux : MM. les inspecteurs généraux J.-B. Cantacuzène et E. Balaban, directeur et sous-directeur des travaux.

Ministère des travaux publics, **École des Ponts et Chaussées**, à Bucarest. — Cette école, dirigée par M. l'inspecteur général Mironescu, a été réorganisée et agrandie depuis 1890. Un album de grandes photographies montrait en détail tout l'aménagement intérieur; les amphithéâtres, les laboratoires, les ateliers d'essais, les ateliers de travail, les dortoirs, les réfectoires. Toutes les installations sont très satisfaisantes. Les élèves font cinq années d'études; ils sont internes; on en prend 15 à 20 par an.

RUSSIE.

C'est surtout dans un territoire immense et à débouchés restreints, comme est l'Empire russe, que le développement et le perfectionnement des voies de communication apparaît comme indispensable. Il faut des chemins de fer pour abréger les trajets d'une excessive durée, et des voies navigables bien conditionnées pour permettre aux produits agricoles, forestiers, ou minéraux, de l'intérieur du pays, de franchir économiquement les longues distances qui séparent les lieux de production des lieux de consommation ou d'exportation. Il y a de l'analogie, sous ce rapport, entre l'Empire russe et les États-Unis de l'Amérique du Nord. Mais les États-Unis sont physiquement beaucoup mieux partagés. Le climat en est bien meilleur, et les débouchés y sont infiniment plus étendus et plus faciles. Aussi se sont-ils peuplés et développés agricolement et industriellement beaucoup plus vite que la Russie, à partir du moment où le chemin de fer et le bateau à vapeur ont fourni des moyens de transport rapides et économiques.

L'époque de très grande activité pour la construction des chemins de fer s'étend, aux États-Unis, de 1868 à 1888. En Russie, l'époque correspondante paraît avoir commencé vers cette dernière date, alors que les États-Unis, largement pourvus, ralentissaient leur construction. Le réseau russe a gagné 23,523 kilomètres de 1889 à 1899. Ce qui signale surtout cette période, c'est l'exécution du chemin de fer transsibérien, de ce transcontinental asiatique, analogue à ses aînés, les transcontinentaux nord-américains, mais d'une construction plus difficile et plus pénible, à cause d'un manque plus complet de ressources dans la région traversée et d'une rigueur plus grande du climat. En Russie encore, comme aux États-Unis, on a employé et on emploie largement le bois dans la construction des ponts de chemins de fer, principalement sur les lignes qui traversent des contrées désertes ou peu habitées. C'est le moyen de hâter avec économie l'achèvement de ces lignes. Plus tard, quand la mise en exploitation a rendu les transports très faciles, on substitue le métal au bois. On a procédé ainsi pour le chemin de fer de Saint-Pétersbourg à Moscou; on agit de même pour le transsibérien.

Le temps n'est plus où la Russie tirait de l'étranger ses ingénieurs et les superstructures métalliques de ses grands ouvrages d'art. Elle a largement développé ses écoles techniques de tous ordres, qui lui fournissent aujourd'hui le personnel nombreux et compétent, déjà mûri par l'expérience, nécessaire à l'exécution de ses travaux publics. Elle s'est outillée aussi en usines métallurgiques et en ateliers de constructions métalliques, de manière à pouvoir suffire elle-même à ses propres besoins.

Les cours d'eau de la Russie étaient autrefois à peu près les seules voies de circulation pour les grands transports de marchandises. On s'est occupé, depuis Pierre le Grand, de relier ensemble, par des canaux, les plus importants de ces cours d'eau,

afin de compléter le réseau des voies navigables. Les systèmes de navigation ainsi créés, perfectionnés à diverses reprises, ont reçu, dans le dernier quart de siècle, et surtout depuis 1890, des améliorations considérables. La voie d'eau, de 1,150 kilomètres, dite «système Mariinski», qui unit la Neva au Volga, Saint-Pétersbourg à Astrakhan, a été approfondie, élargie, défendue contre les tempêtes des lacs Ladoga et Onega, de manière à donner passage à de grands bateaux de rivière chargés de plus de 600 tonnes.

Les voies d'eau naturelles ont reçu et reçoivent de plus en plus des améliorations de même ordre. Les lits de rivières sont rectifiés, régularisés et approfondis partout où les besoins du commerce le demandent. Les dragages sont employés sur une grande échelle. De puissantes dragues, les unes à godets, les autres à succion, avec ou sans désagrégateurs, opèrent sur les principaux fleuves de l'Empire et plus spécialement sur le Volga, dont le mouvement commercial ne le cède, dans certaines sections, qu'à celui du Rhin entre Cologne et la frontière hollandaise. La Vistule aussi a été beaucoup améliorée, ainsi que le Dnièpre.

Les ports maritimes de commerce ont eu nécessairement leur part dans le progrès général des voies de communication. A mesure que le développement des chemins de fer et de la navigation intérieure y faisait affluer plus vite et plus abondamment les produits d'exportation, il fallait transformer, agrandir et outiller ces ports. La Russie n'a point failli à cette tâche. La plupart des principaux ports : Saint-Pétersbourg, Cronstadt, Odessa, Batoum, Novorossiisk, ont reçu d'importantes extensions. Libava et Vindava, sur la mer Baltique, ont été, pour ainsi dire, créés à nouveau. Un port de commerce est en construction à Vladivostok, sur la mer du Japon. Les chenaux donnant accès aux ports de Saint-Pétersbourg, de Nicolaïew, de Rostow, d'Astrakhan, ont été ou vont être approfondis pour livrer passage aux navires du plus fort tirant d'eau. En même temps, de spacieux magasins-élévateurs à grains, des citernes à pétrole, des hangars-abris pour les marchandises, sont établis partout où les exigences commerciales le réclament, non seulement dans les établissements maritimes, mais encore dans celles des gares de chemins de fer où ces produits s'accumulent trop vite pour être écoulés immédiatement.

On peut juger par le rapide exposé qui précède, que, dans la dernière période décennale, l'activité de la Russie s'est exercée, avec une singulière puissance et avec beaucoup d'ensemble et de méthode, en tout ce qui concerne le développement des voies de communication. Elle avait beaucoup à faire, et maintenant qu'elle peut, en matière de personnel et de matériel, se passer de l'aide d'autrui, elle marche de progrès en progrès avec une infatigable ardeur. Elle vient de montrer sa force en menant à bien, dans les délais fixés, la plus colossale entreprise de la fin du dernier siècle, la construction du chemin de fer transsibérien, de cette gigantesque voie ferrée qui, traversant l'Asie pour la première fois, va tout ensemble porter la vie dans d'immenses contrées, restées à l'écart du monde civilisé, et créer une voie de communication internationale de premier ordre.

L'exposition de la Russie était digne, en tous points, des travaux exécutés, par la manière dont ces travaux ont été présentés. De beaux modèles, des dessins très soignés, de nombreux documents descriptifs et statistiques, permettaient de se rendre compte très complètement de l'œuvre accomplie.

ADMINISTRATION DES CHEMINS DE FER (CONSTRUCTION).

L'Administration des chemins de fer de l'Empire russe a été réorganisée le 15 mai 1899. Elle comportait auparavant, en ce qui concerne la construction des voies ferrées, trois administrations différentes, ayant pour objet : 1° le Transsibérien; 2° les autres chemins de fer de l'État; 3° les lignes privées, construites par des compagnies ou des particuliers. La nouvelle Administration comprend : 1° la surveillance générale des études et de la construction des nouveaux chemins de fer de l'État, ainsi que l'exploitation provisoire, aux frais du capital de construction, des chemins de fer inachevés; 2° la surveillance des études et de la construction des voies ferrées appartenant aux sociétés privées et aux particuliers.

Au commencement de 1900, l'Administration de la construction des chemins de fer de l'Empire avait sous sa surveillance les lignes suivantes, mesurant en tout 8,752 kilomètres :

Chemins de fer de l'État (8 lignes)			2,560 kilom.
Chemins de fer de Sociétés privées.	Voie de 1 m. 523 (9 lignes)	4,262^{km}	5,952
	Voies de 0 m. 75 à 1 m. (14 lignes).	1,690^{km}	
Chemins de fer construits par des particuliers.	13 lignes à voie étroite		240
	TOTAL		8,752

CHEMIN DE FER TRANSSIBÉRIEN.

La première idée d'un chemin de fer sibérien appartient au gouverneur général de la Sibérie orientale, comte Mouraviev-Amoursky, qui annexa à la Russie, en 1851, les bouches de l'Amour et le pays d'Oussouri. A partir de 1857, se produisirent nombre de projets et de sollicitations pressantes de la part des autorités administratives de la Sibérie. De 1877 à 1890 furent inaugurées trois lignes (Samara à Orenbourg — Perm à Ekatérinbourg et Tumene — Samara à Oufa et Zlatooust) pénétrant de la Russie d'Europe dans la Sibérie et pouvant servir d'amorce à un transsibérien. La préférence fut donnée au tracé intermédiaire (Samara-Zlatooust) comme étant le plus court et traversant la région la plus favorable. On procéda, en 1887, aux études détaillées dans la Sibérie centrale et dans la Sibérie orientale, suivant un programme technique, aussi modeste que possible, pour réduire au minimum la dépense de cette colossale entreprise, mais néanmoins capable de permettre l'adaptation ultérieure de

la ligne au développement du trafic. Les principales conditions techniques furent les suivantes :

Voie unique à écartement normal de 1 m. 524.

Largeur de la plate-forme, 5 mètres.

Rampes maxima : en pays plat, 0.0074 ; en pays montagneux, 0.0174.

Rayons minima : en pays plat, 533 m. 38 ; en pays montagneux, 256 mètres.

Ponts : construits en bois, excepté sur les grands fleuves à fort charriage de glace, où seront établis dès le début des ponts permanents avec piles en maçonnerie, fondées sur caissons, et superstructure métallique.

Rail de 24 kilogr. 19 par mètre courant.

Stations espacées en moyenne de 53 kilomètres en plaine et de 34 kilomètres en pays montagneux, ce qui limite le parcours journalier à trois trains dans chaque sens.

Bâtiments et outillage simplifiés autant que possible.

L'État se chargea complètement de la construction, qui dut être faite exclusivement par un personnel russe avec des matériaux de provenance russe.

Les travaux du transsibérien ont été inaugurés sous le règne d'Alexandre III : à l'extrémité orientale, à Vladivostok, le 31 mai 1891, par le grand-duc héritier, aujourd'hui l'empereur Nicolas II ; à l'extrémité occidentale, à Tchelabinsk, le 19 juillet 1892.

L'exécution, confiée d'abord à l'Administration des Chemins de fer de l'État, a été remise, à partir du 17 juin 1893, à une administration spéciale, l'Administration de la construction du Transsibérien, relevant du Ministre des voies de communication, et comprenant dans ses attributions toutes les entreprises accessoires ou auxiliaires, telles que l'amélioration de la navigation sur les fleuves sibériens, la création de services de navigation à vapeur, l'amélioration du port de Vladivostok, etc. Cette administration avait en grande partie terminé sa tâche, quand elle s'est fondue, le 15 mai 1899, dans l'Administration, nouvellement instituée, de la Construction des Chemins de fer.

Sous le rapport administratif, la construction du transsibérien fut divisée en plusieurs sections, pour lesquelles le commencement et l'achèvement des travaux furent subordonnés à un plan d'ensemble. Ces sections sont les suivantes :

1° **Section Tchelabinsk-Obi**, dite *Sibérien occidental*, à exécuter de 1892 à 1896 ;

2° **Section Obi-Irkoutsk**, dite *Sibérien central*, à exécuter pour la première partie (Obi-Krasnoïarsk), de 1893 à 1896 ; et, pour la seconde partie (Krasnoïarsk-Irkoutsk), de 1894 à 1900 ;

3° **Section Irkoutsk-Myssovaïa**, dite *Chemin de fer du Baïkal*, à exécuter de 1895 à 1902 ;

4° **Section Missovaïa-Strétiensk**, dite *Chemin de fer du Transbaïkal*, à exécuter de 1895 à 1902 ;

5° **Section Strétiensk-Khabarovsk**, dite *Chemin de fer de l'Amour*, à terminer en 1906;

6° **Section Khabarovsk-Vladivostok**, dite *Chemin de fer d'Oussouri*, à exécuter : pour la partie méridionale (Vladivostok à Mouraviev-Amoursky), de 1891 à 1895; et, pour la partie septentrionale, de 1895 à 1902.

Nous allons rendre compte des travaux exécutés dans ces différentes sections ainsi que des changements apportés au projet primitif depuis Kaïdalovo, dans la dernière partie du Transbaïkal, jusqu'à la jonction avec le chemin de fer d'Oussouri.

Chemin de fer sibérien occidental, de Tchelabinsk à l'Obi, mesurant 1,416 kil. 23, exécuté, conformément aux prévisions, de 1892 (17 juillet) à 1896 (27 octobre). La ligne traverse une steppe couverte de grandes herbes, parsemée de bouquets de bouleaux et de trembles nains, ainsi que d'une multitude de petits lacs à eau saumâtre. Le terrain, très plat, perméable, peu ferme, est coupé du Sud au Nord par quatre grands cours d'eau, la Tobol, l'Ichime, l'Irtyche et l'Obi, ce dernier recevant les trois autres. L'exécution des travaux a souffert de grandes difficultés. A un été court et chaud succède un hiver prolongé et très rigoureux, au cours duquel la température peut s'abaisser jusqu'à —40 degrés. La population, très clairsemée (1 habitant 75 par kilomètre carré), est agricole et pastorale; le pays ne fournit ni ouvriers, ni entrepreneurs. Il est complètement dépourvu de pierre; à peine y trouve-t-on du bois.

Les plus fortes déclivités vont à 0,0074. On a fait en moyenne, par kilomètre, 11,128 mètres cubes de terrassements à 0 fr. 62 le mètre cube. Les ouvrages d'art, au nombre de 274, comprennent : 7 buses en fonte, 2 buses en maçonnerie, 261 ponts provisoirement construits en bois, et 4 grands ponts, à superstructure métallique et appuis en maçonnerie, exécutés sur les plans de M. le professeur Bélélubsky, et dont les données principales sont les suivantes :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	OUVERTURE TOTALE.	NOMBRE de TRAVÉES.	OUVERTURE des TRAVÉES.	DISPOSITION de la SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE.
Pont sur la Tobol	426m71	4	106m68	Poutres semi-paraboliques avec tablier inférieur[1].
Pont sur l'Ichime	213 36	2	106 68	
Pont sur l'Irtyche	640 00	6	106 68	
Pont sur l'Obi	794 75	7 (3)	114 65	Poutres semi-paraboliques, dont 3 à doubles consoles de 148m28 et 4 de 87m47.
		(2)	113 40	
		(2)	98 84	

[1] Voir plus loin, à l'article *Bélélubsky*, les dessins, accompagnés d'explications, relatifs aux poutres semi-paraboliques de 108 m. 53, franchissant les ouvertures de 106 m. 68.

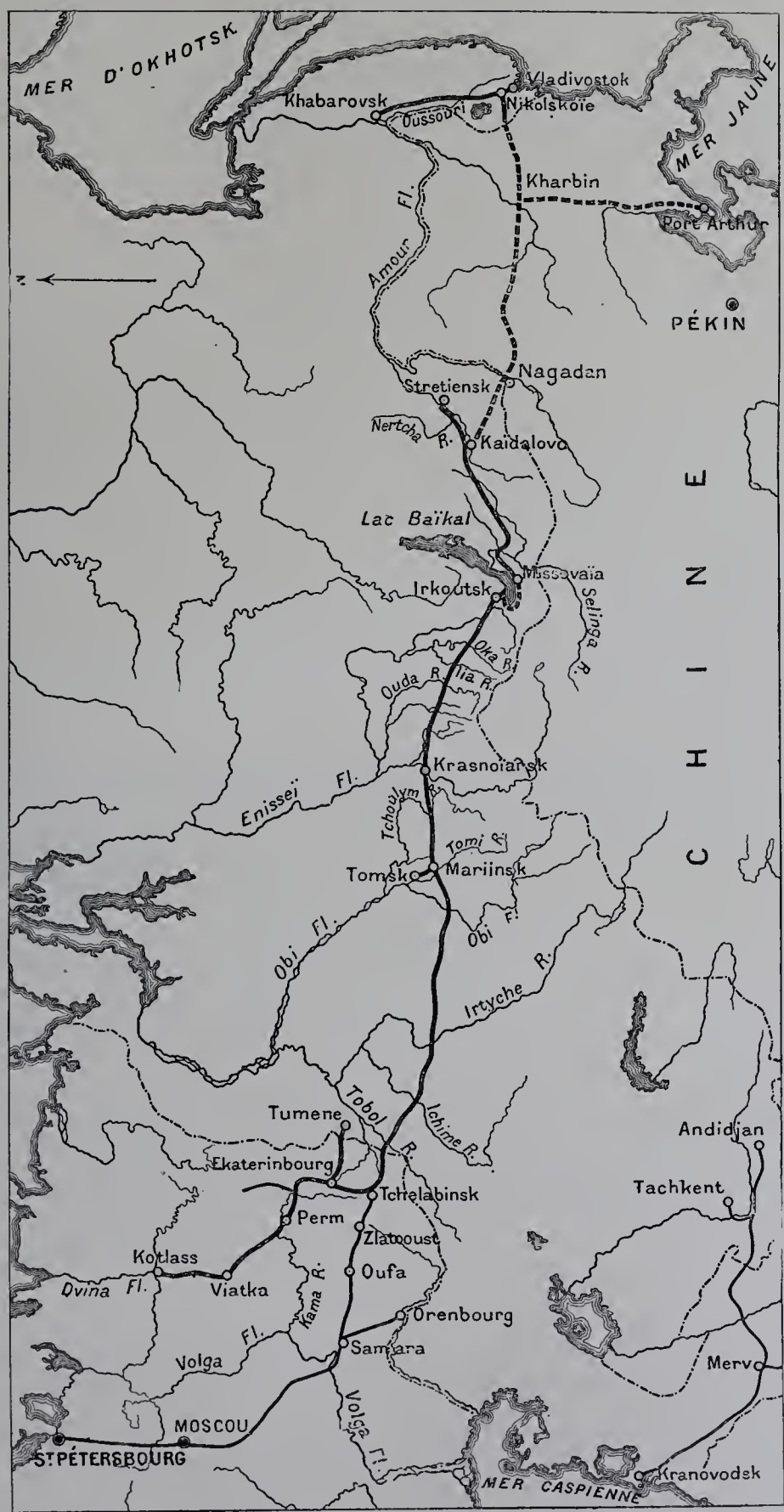


Fig. 169. — Chemin de fer transsibérien.

On a dû exécuter beaucoup de travaux en régie. Pour terminer à temps, il a fallu construire aussi vite que possible la plate-forme et les ponts en bois, et poser les rails, afin d'employer la voie ferrée aux transports de matériaux et de matériel. La dépense kilométrique monte à 70,730 francs, non compris le matériel roulant, et à 86,831 francs, avec ce matériel. La dépense totale, y compris le matériel roulant, monte à 123 millions de francs.

Chemin de fer sibérien central, de l'Obi à Irkoutsk, mesurant 1,830 kilomètres, divisé en deux parties :

1re *Partie, de l'Obi à Krasnoïarsk,* sur 759 kilomètres, exécutée de 1893 (16 mai) à 1898 (13 janvier), d'abord, sur une longueur de 586 kilomètres dans un pays peu accidenté, avec déclivités maxima de 0,009; et, pour le reste du parcours, dans un pays montueux avec déclivités maxima de 0,017. Les terrassements se chiffrent par une moyenne kilométrique de 15,149 mètres cubes, exécutés au prix de 0 fr. 99 par mètre cube. Les ouvrages d'art, au nombre de 371, comprennent 86 buses en maçonnerie, 272 ponts tout en bois, 6 ponts en bois avec appuis en maçonnerie, 3 ponts métalliques à travée unique et 4 ponts métalliques à plusieurs travées, dont les désignations et les données principales sont les suivantes :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	OUVERTURE TOTALE.	NOMBRE de TRAVÉES.	OUVERTURE des TRAVÉES.	DISPOSITION de la SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE.
Pont sur le Tomi	512m05	6	85m34	Poutres semi-paraboliques.
Pont sur la Zaïa	106 68	2	53 34	Poutres droites en N.
Pont sur la Kya	213 36	4	53 34	Poutres droites en N.
Pont sur le Tchoulym	277 36	3 { 2 1	85 34 106 68	Poutres semi-paraboliques.

La dépense totale s'est élevée à 96,686,616 francs, matériel roulant compris, soit à 127,457 francs par kilomètre et à 110,912 par kilomètre, non compris le matériel roulant.

2e *Partie, de Krasnoïarsk à Irkoutsk,* mesurant 1,071 kilomètres, exécutée de 1894 (23 juin) à 1899 (13 janvier), terminée plus d'un an avant le terme prévu. La ligne traverse un pays montagneux, où les déclivités atteignent 0,0174. Les terrassements montent, par kilomètre, à 15,592 mètres cubes, payés 1 fr. 16 le mètre cube. Les ouvrages d'art, au nombre de 574, comprennent : 17 buses en fonte, 60 buses en maçonnerie, 492 ponts tout en bois, 9 ponts en bois sur appuis en maçonnerie,

9 ponts en métal à travée unique et 9 ponts métalliques à plusieurs travées, caractérisés comme il suit :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.		OUVERTURE TOTALE.	NOMBRE de TRAVÉES.	OUVERTURE des TRAVÉES.	DISPOSITION de la SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE.
Pont	sur l'Enisseï	853m42	6	144m43	Fermes paraboliques.
	sur la Rybnaïa	128 00	3	42 67	Poutres droites en N.
	sur le Kane	256 02	3	85 34	Poutres semi-paraboliques.
	sur la Birussa	341 37	4	85 34	
	sur l'Onda	384 04	4 { 2 2	106 68 85 34	
	sur l'Ilia	170 68	2	85 34	
	sur l'Oka	467 38	5 { 2 3	106 68 85 34	
	sur la Bielaïa	213 36	4	53 34	Poutres droites en N.
	sur le Kitoï	149 34	3 { 1 2	85 34 32 00	Poutre semi-parabolique. Poutres paraboliques renversées.

Le **pont sur l'Enisseï** est le plus important de ceux construits pour le Transsibérien. Les fermes, de 146 m. 51 de longueur, du type parabolique à large treillis, avec tablier inférieur, franchissant des ouvertures de 144 m. 43, et mesurant en leur milieu une hauteur théorique de 21 m. 36, sont, dans chaque travée, écartées de 5 m. 92 d'axe en axe.

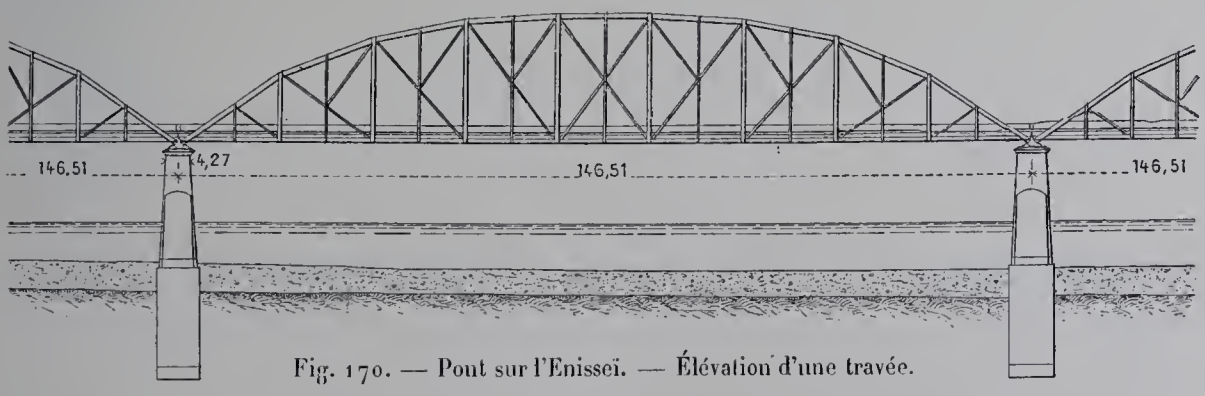


Fig. 170. — Pont sur l'Enisseï. — Élévation d'une travée.

Elles s'élèvent à 19 m. 86 au-dessus de l'étiage. Le dessous des caissons, foncés à l'air comprimé, est à 18 m. 14 au-dessous des basses eaux. Le projet du pont est de M. le professeur Proskouriakov. Les fondations et la construction des piles en granit avec avant-becs brise-glaces, ainsi que le montage de la superstructure métallique, ont été exécutés par M. Knorré, du mois d'août 1896 au mois de février 1899.

Les caissons des fondations sont métalliques, sauf celui de la culée de rive gauche, qui

est un haut caisson en charpente du système Knorré. On les a foncés et surmontés de maçonnerie jusqu'au moins à la hauteur des basses eaux, durant l'hiver 1896-1897.

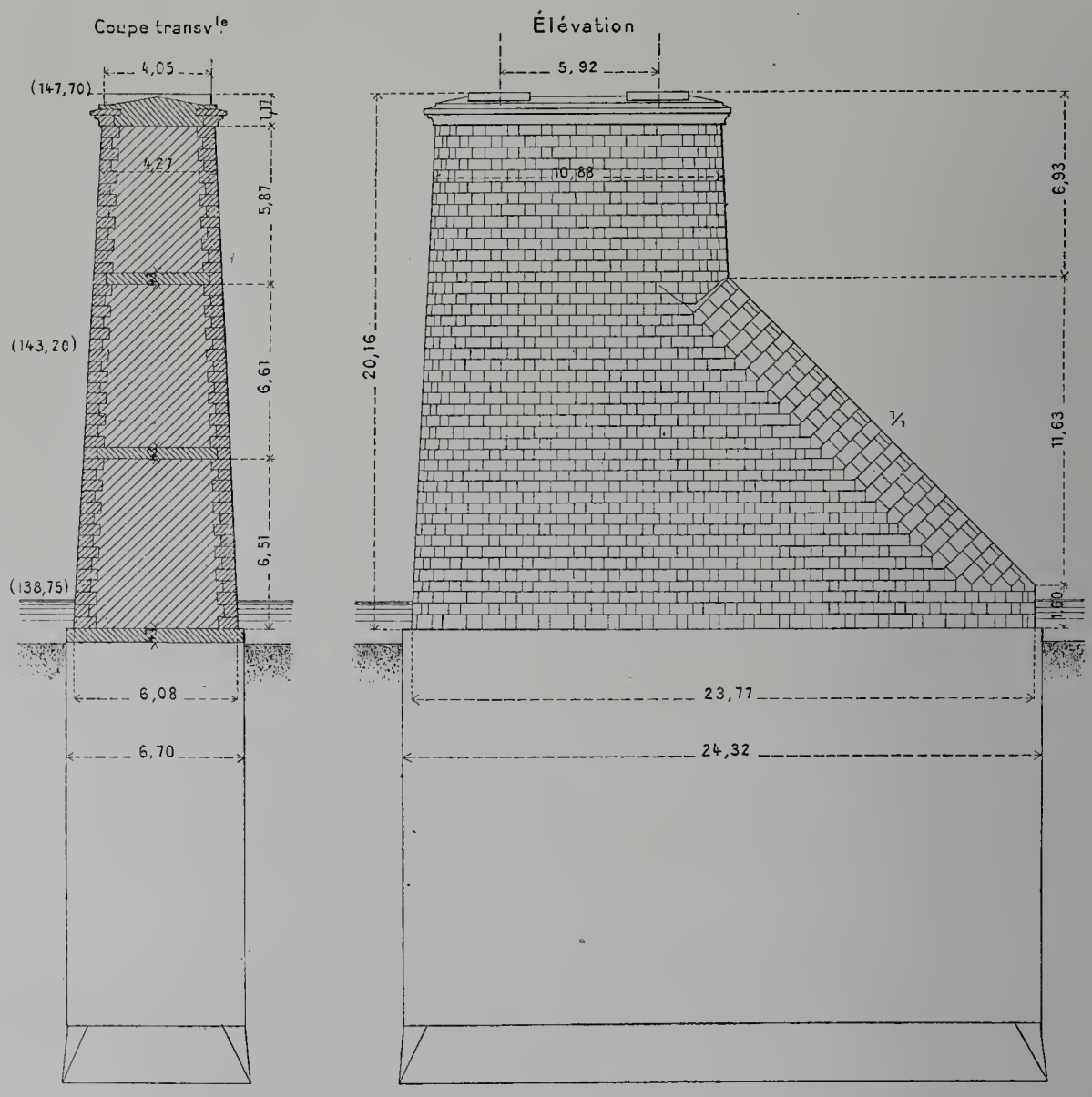


Fig. 171. — Pont sur l'Enisseï. — Dessins d'une pile.

Le fleuve congelé a servi de pont de service. Pour maçonner malgré le froid on a enveloppé chaque pile, au-dessus de la glace, d'une baraque en bois, dite *chauffoir,* dans laquelle on maintenait une température de +16 degrés. Les fermes métalliques ont été montées par trois de front, sur chaque rive, au niveau qu'elles devaient occuper, sur des remblais disposés à cet effet, celle du milieu dans l'axe du pont, les deux autres de chaque côté de celle-ci. On les a montées simultanément sur chaque rive, au moyen d'une grande grue roulante en charpente, à quatre supports appuyés sur des rails, deux entre les fermes et deux en dehors. Pendant qu'on montait les fermes, on construisait, dans les intervalles des supports, piles et culées, des échafauds surmontés de plates-formes, en vue d'amener en place les différentes travées de la superstructure métallique, d'abord celle du milieu de chaque groupe de rive, amenée jusqu'au milieu

du fleuve, puis l'une de ses voisines, ripée latéralement à la place de la première et amenée derrière elle, enfin, la troisième, ripée latéralement et amenée jusqu'à la précédente. C'est grâce à l'emploi de pareils procédés qu'un ouvrage aussi considérable a pu être construit en trente mois, malgré la longue durée et la rigueur de l'hiver.

A la deuxième partie du transsibérien central se rattache l'embranchement de Tomsk, mesurant 95 kilom. 30.

Les dépenses se sont élevées, pour cette deuxième partie, à 166,739,032 francs, y compris le matériel roulant, soit 155,623 francs par kilomètre, et à 139,126 francs par kilomètre non compris le matériel roulant.

Le transsibérien central, pris dans son ensemble, traverse un pays ondulé ou montagneux, très boisé en général, où se rencontrent plus de 300 kilomètres de forêt vierge, à peu près impraticable. La population, très clairsemée (1,25 habitant par kilomètre carré), ne fournit aucune ressource de main-d'œuvre, mais on trouve largement à se pourvoir de matériaux, bois, pierre, ballast.

Chemin de fer du Baïkal, d'Irkoutsk à Missovaïa. — D'Irkoutsk au lac Baïkal, la distance est de 68 kilom. 38 (90 ouvrages d'art, dont une buse en maçonnerie et 89 ponts en bois). De là à Missovaïa, les trains sont transportés en bateau sur 67 kilom. 21, au moyen d'un bac brise-glace à vapeur, le *Baïkal,* pouvant porter, sur trois voies parallèles, 25 wagons à marchandises d'un poids total de 500 tonnes, et, en outre, 150 voyageurs dans des cabines installées sur un pont supérieur.

Le *Baïkal,* construit en Angleterre dans les chantiers Armstrong, mesure 88 m. 39 de longueur, 17 m. 37 de largeur maximum, 5 m. 49 de tirant d'eau avant et 6 m. 10 de tirant d'eau arrière. En pleine charge, son déplacement est de 4,200 tonnes. Ce bateau, tout en acier Siemens-Martin, est renforcé à la flottaison par une ceinture de feuilles d'acier de 0 m. 027 d'épaisseur, soutenue par un bâti horizontal en charpente. Il a trois hélices, actionnées chacune par une machine à triple détente ; deux à l'arrière, pour produire le mouvement du bateau, et une à l'avant, pour disperser la glace rompue par la proue. La force totale des machines est de 3,750 chevaux-vapeur. En eau libre, la vitesse atteint 23 kilom. 5 à l'heure. Les expériences faites en février 1900 ont montré que, marchant à une vitesse de 5 à 10 kilomètres à l'heure, le bateau brise facilement une couche de glace de 0 m. 86 d'épaisseur surmontée d'une couche de neige glacée de 0 m. 20, plus résistante que la glace. On estime que le *Baïkal* pourra briser la couche de glace de plus de 1 mètre d'épaisseur, qui se forme sur le lac pendant l'hiver.

Pour le seconder, on monte un autre brise-glace de moindre dimension, l'*Angara,* mesurant 59 m. 43 de longueur et 10 m. 36 de largeur. On compte que le *Baïkal* pourra faire, en hiver, au moins deux doubles traversées, et l'*Angara,* une double traversée, de manière à desservir les trois paires de trains quotidiens du chemin de fer.

Les débarcadères consistent en jetées-pontons, en forme de fourches, munies à l'intérieur de la fourche, là où s'applique le bac, de parois élastiques, appuyées contre

IMPRIMERIE NATIONALE.

la carcasse de la jetée par l'intermédiaire de tampons à ressorts métalliques. Le passage de la jetée sur le bac s'opère au moyen de ponts mobiles articulés, portant des rails.

Les dépenses faites pour la traversée du lac Baïkal montent à 17,104,906 francs, qui se décomposent comme il suit :

Construction, transport et montage du *Baïkal*	7,683,733 francs.
Construction, transport et montage de l'*Angara*	2,133,333
Construction des deux débarcadères flottants	5,274,507
Construction d'un dock flottant pour réparer les avaries des bacs brise-glace	2,013,333
TOTAL	17,104,906

Aux bacs transportant directement les trains à travers le lac doit être substitué un chemin de fer contournant le lac, dont l'exécution est commencée et dont la longueur sera de 307 ou de 320 kilomètres, selon que l'on adoptera l'un ou l'autre des deux tracés étudiés.

CHEMIN DE FER DU TRANSBAÏKAL, de Missovaïa à Stretiensk, mesurant 1,104 kilom. 65, construit de 1895 (23 avril) à 1900 (1er juillet), dans un pays accidenté, avec déclivités maxima de 0 m. 0093, sauf de courtes rampes de 0 m. 0174 à la traversée de deux lignes de faîte. Les terrassements atteignent une moyenne kilométrique de 19,221 mètres cubes, exécutés au prix de 1 fr. 43 le mètre cube. Les ouvrages d'art sont au nombre de 977, dont 38 buses en maçonnerie, 160 ponts tout en bois, 674 ponts en bois avec culées en maçonnerie, 98 ponts en fer, avec culées en maçonnerie, à travée unique de 2 m. 13 à 53 m. 34 de portée, et 7 ponts métalliques, à plusieurs travées, sur appuis en maçonnerie, dont les 4 principaux sont caractérisés comme il suit :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.		OUVERTURE TOTALE.	NOMBRE de TRAVÉES.	OUVERTURE des TRAVÉES.	DISPOSITION de la SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE.
Pont	sur la Selinga	512m00	6	85m34	Poutres semi-paraboliques.
	sur la Tchita	160 00	3	53 34	Poutres droites à triangles.
	sur la Nertcha	320 00	5	64 00	Poutres à triangles avec nervures supérieures courbes.
	sur la Kouenga	149 34	2	74 67	Poutres semi-paraboliques.

La dépense totale monte à 209,968,944 francs, y compris le matériel roulant, soit 190,076 francs par kilomètre, et à 174,040 francs par kilomètre non compris le matériel roulant.

Le pays abonde en pierre et en bois, mais la population est extrêmement clairsemée (à peine 1 habitant 11 par kilomètre carré). L'hiver est très froid; tous les cours d'eau gèlent jusqu'au fond. On a recouru avec succès au travail des déportés et des forçats. La contrée possède d'énormes richesses fossiles et minérales.

Chemin de fer de l'Amour. — La section du Transbaïkal devait se prolonger le long du fleuve Amour, sur 2,214 kilomètres, depuis Stretiensk jusqu'à Khabarovsk, à l'extrémité septentrionale du chemin de fer d'Oussouri, mais l'exécution du chemin de fer de l'Amour a été ajournée : 1° par suite de la construction du chemin de fer de l'Est chinois, qui établit une liaison plus directe, d'une part, avec Vladivostok et, d'autre part, avec Port-Arthur et Pékin; 2° à cause de la navigation à vapeur qui, fonctionnant sur l'Amour entre Stretiensk et Khabarovsk, facilite déjà, au moins pendant une partie de l'année, les relations entre le centre de la Sibérie et la côte orientale de l'Asie.

Embranchement de Kaïdalovo à la Frontière chinoise et chemin de fer de l'Est chinois. — Le nouveau tracé quitte le Transbaïkal à Kaïdalovo, à 835 kilomètres de Missovaïa pour gagner la frontière chinoise, à Nagadan, après un parcours de 346 kilomètres. Il se continue ensuite par le chemin de fer de l'Est chinois, bifurque à Kharbin, d'une part, vers l'Est, sur Vladivostok et, d'autre part, vers le Sud, sur Port-Arthur et Pékin.

Embranchement de Kaïdalovo à la frontière chinoise, établi avec des rampes de 0,0094 dans les parties en plaine et de 0,0174 à la traversée des lignes de faîte, comporte une moyenne kilométrique de 18,293 mètres cubes de terrassements, exécutés au prix de 1 fr. 89 le mètre cube. Les ouvrages d'art sont au nombre de 204, dont 48 buses en maçonnerie, 4 ponts tout en bois, 102 ponts en bois avec culées en maçonnerie, 47 ponts en métal, à travée unique sur culées en maçonnerie, de 2 m. 13 à 64 mètres d'ouverture, et 3 ponts en métal, à plusieurs travées sur appuis en maçonnerie, définis comme il suit :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	OUVERTURE TOTALE.	NOMBRE de TRAVÉES.	OUVERTURE des TRAVÉES.	DISPOSITION de la SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE.
Pont sur l'Ingoda	170m68	2	85m34	Poutres semi-paraboliques.
Pont sur l'Onon	384 00	4 { 2	106 68	
		4 { 2	85 34	
Pont sur la Boroïa	106 68	2	53 34	Poutres droites à triangles.

La dépense de construction monte à 77,870,540 francs, y compris le matériel roulant, soit à 225,066 francs par kilomètre, et à 194,852 francs par kilomètre, non compris le matériel roulant. Le coût très élevé de cet embranchement tient aux condi-

tions plus difficiles dans lesquelles il est placé, à son plus grand éloignement du centre de l'Empire, à la complète absence de voies de communication et au chiffre insignifiant de la population. Il tient aussi à la substitution du rail de 32 kilogrammes au rail de 24 kilogrammes. Les travaux de l'embranchement Kaïdalovo-frontière chinoise ont été commencés dans l'été de 1899; on compte pouvoir les terminer en 1902.

Chemin de fer de l'Est chinois, entrepris par une société privée avec des capitaux russes, comporte une ligne, dirigée sur Vladivostok, et mesurant 1,530 kilomètres dans les limites de la Mandjourie. L'embranchement sur Port-Arthur mesure 1,035 kilomètres. Les travaux, commencés en 1897 (29 août), devaient être terminés, pour les deux lignes, en 1902; mais les troubles de la Mandjourie et la guerre de Chine en retarderont l'achèvement.

Chemin de fer d'Oussouri. — De Vladivostok à Khabarovsk, mesurant 763 kilomètres, construit en deux parties: la partie méridionale, longue de 402 kilomètres, exécutée de 1891 (22 mai) à 1895 (13 janvier), et la partie septentrionale, longue de 361 kilomètres, exécutée de juin 1894 à 1897 (13 novembre).

Partie méridionale. — Les déclivités maxima varient de 0,008 à 0,015. Le volume des terrassements est de 20,547 mètres cubes par kilomètre, à 1 fr. 48 le mètre cube. Les ouvrages d'art, au nombre de 273, comprennent : 49 buses en maçonnerie; 173 ponts en bois sur culées en maçonnerie; 41 ponts métalliques, à travée unique, sur culées en maçonnerie; 9 ponts en métal, à plusieurs travées de 25 m. 60 d'ouverture maximum, sur culées en maçonnerie et appuis intermédiaires en pilotis métalliques; 1 pont sur l'Oussouri, de 256 mètres d'ouverture totale, comprenant trois travées de 85 m. 34 d'ouverture, franchies par des poutres semi-paraboliques. Les frais de construction s'élèvent à 54,889,357 francs, y compris le matériel roulant, soit à 136,300 francs par kilomètre, et à 126,643 francs par kilomètre, non compris ce matériel.

Partie septentrionale. — Le maximum des déclivités est de 0,010. Les ouvrages d'art, au nombre de 237, comprennent 39 buses en maçonnerie; 135 ponts tout en bois; 2 ponts en bois, du système Howe, de 171 et de 256 mètres d'ouverture en plusieurs travées; 45 ponts en bois sur culées en maçonnerie; 13 ponts en fer, à travée unique, sur culées en maçonnerie; 3 ponts en fer, à plusieurs travées, sur culées en maçonnerie, définis comme il suit :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	OUVERTURE TOTALE.	NOMBRE de TRAVÉES.	OUVERTURE des TRAVÉES	DISPOSITION de la SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE.
Pont sur l'Iman	256m00	3	85m34	Poutres semi-paraboliques.
Pont sur le Bikine	170 68	2	85 34	
Pont sur le Khor	341 37	4	85 34	

Le coût de la construction monte à 60,530,344 francs, y compris le matériel roulant, soit à 164,947 francs par kilomètre, et à 149,640 francs par kilomètre, non compris ce matériel.

Le chemin de fer d'Oussouri traverse une région sauvage, extrêmement peu habitée, où l'on ne rencontre que des déportés ou des forçats avec quelques Chinois et quelques Coréens. Il a fallu, pour construire la ligne, exécuter une route le long du tracé et tout approvisionner : chevaux, bétail, voitures, aliments. La chaux venait par mer par le canal de Suez.

On a éprouvé de grandes difficultés à traverser la forêt vierge, peuplée de conifères gigantesques, cèdres, mélèzes, encombrée de vigne sauvage et d'autres lianes. Faute d'entrepreneurs, il a fallu exécuter en régie la plupart des travaux.

Embranchement de Nikolskoïé à la frontière chinoise. — De Nikolskoïé, près Vladivostok, se détache un tronçon de 97 kilomètres, inauguré le 13 janvier 1900, que rejoindra, à la frontière de Mandjourie, le chemin de fer de l'Est chinois.

Chemin de fer de Perm à Kotlass, dans la Russie d'Europe, annexé au transsibérien, qu'il prolonge, sur 865 kilomètres, jusqu'à la Dwina et, par ce fleuve, jusqu'à la mer Blanche.

Les travaux, inaugurés le 31 janvier 1895, ont pris fin en novembre 1899.

Les déclivités maxima sont de 0,0113. Le volume des terrassements monte à 17,398 mètres cubes par kilomètre, au prix de 0 fr. 98 le mètre cube. Les ouvrages d'art, au nombre de 571, comprennent : 20 buses en fonte ; 11 buses en maçonnerie ; 505 ponts tout en bois ; 18 ponts en métal, sur culées en maçonnerie, à travée unique de 10 m. 67 à 96 mètres d'ouverture ; 4 ponts métalliques, à plusieurs travées, sur appuis en maçonnerie, définis comme il suit :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.		OUVERTURE TOTALE.	NOMBRE de TRAVÉES.	OUVERTURE des TRAVÉES.	DISPOSITION de la SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE.
Pont	sur la Kama	853m42	8	106m68	Poutres semi-paraboliques.
	sur la Tcheptza	192 00	3	64 00	
	sur la Viatka	426 71	4	106 68	
	sur la Lonza	170 68	2	85 34	

Le coût des travaux s'est élevé à 101,903,299 francs, y compris le matériel roulant, soit à 117,822 francs par kilomètre, et à 107,043 francs, non compris ce matériel.

Sur les trois premiers cinquièmes de la ligne à partir de Perm, on traverse un pays bien peuplé où les travaux sont faciles, mais les deux derniers cinquièmes, qui fran-

chissent la forêt vierge marécageuse (la taïga), ont présenté de très grandes difficultés.

Résumé et conclusions. — Nous passerons successivement en revue, pour l'ensemble du transsibérien, les dépenses de construction, les résultats financiers et les résultats économiques. A la ligne transsibérienne proprement dite, nous associerons les entreprises auxiliaires ou annexes qui s'y rattachent, non compris toutefois le chemin de fer de l'Est chinois, qui se présente sous forme d'entreprise privée.

Dépenses de construction. — Les frais généraux de la construction se sont élevés, matériel roulant compris, à 930,941,730 francs pour 6,894 kilom. 70, soit, en moyenne, à 135,023 francs par kilomètre, avec un maximum de 225,000 francs pour l'embranchement de Kaïdalovo-frontière chinoise et un minimum de 86,831 francs pour le Sibérien occidental. En défalquant la dépense du matériel roulant, les frais généraux de la construction montent à 832,433,204 francs, soit à 123,636 francs par kilomètre.

Si, au contraire, on tient compte des frais généraux et des dépenses accessoires, la dépense totale monte à 1,037,553,755 francs et le coût kilométrique moyen atteint 150,486 francs.

Le volume kilométrique des terrassements varie entre 11,128 mètres cubes (Sibérien occidental) et 20,547 mètres cubes (Oussouri méridional).

Le prix du mètre cube de terrassements augmente à mesure qu'on s'éloigne de la Russie d'Europe, depuis 0 fr. 62 (Sibérien occidental) jusqu'à 1 fr. 89 (Kaïdalovo-Frontière chinoise).

Le prix moyen du mètre courant de pont tout en bois varie de 330 francs à 504 francs.

Le prix moyen du mètre courant de pont à superstructure en bois sur culées en maçonnerie varie de 3,366 francs (Oussouri septentrional) à 6,599 francs (Kaïdalovo-Frontière chinoise).

Le prix du mètre courant de pont à superstructure métallique sur culées en maçonnerie varie de 4,505 francs (Perm-Kotlass) à 5,908 francs (Sibérien central).

Le prix du mètre courant de grand pont métallique à plusieurs travées, avec appuis en maçonnerie, varie de 7,816 francs (sibérien central) à 12,815 francs (Kaïdalovo-frontière chinoise).

On voit par ces chiffres que les ouvrages en bois sont très économiques tandis que ceux en maçonnerie et en métal coûtent cher. Mais le prix en devra baisser notablement par suite de l'exploitation du chemin de fer, qui réduira les frais de transport. Aussi bien, a-t-on sagement fait de beaucoup construire en bois dans le principe, en se proposant de remplacer plus tard le bois par la maçonnerie et le métal. A remarquer aussi, pour les grands ponts, l'emploi fréquemment répété d'un certain nombre de poutres types (ouvertures de 53 m. 34 — 85 m. 34 — 106 m. 68), ce qui simplifie la fabrication et le montage. A noter encore l'absence de souterrains.

Résultats financiers. — Le trafic se développe très vite, ainsi que le montre le tableau suivant :

		1896.	1897.	1898.
Sibérien occidental..	Voyageurs.....	160,000	236,000	535,000
	Émigrants.....	69,000	78,000	133,000
	Marchandises.....	172,000t	346,100t	456,200t
Sibérien central....	Voyageurs.....	14,700	177,000	407,680
	Émigrants.....	//	20,300	50,000
	Marchandises.....	16,600t	88,340t	254,560t

Résultats économiques. — Dès à présent, vu le fonctionnement du bac à vapeur du lac Baïkal et celui de la navigation à vapeur sur l'Amour, il existe, au moins pendant la plus grande partie de l'année, une communication à vapeur ininterrompue entre la Russie d'Europe et Vladivostok, moyennant les parcours suivants :

De Tchelabinsk à Vladivostok.....	7,514 kilom.
De Moscou à Vladivostok.....	9,714
De Saint-Pétersbourg à Vladivostok.....	10,358

Après l'achèvement du chemin de fer du Baïkal et du chemin de fer chinois de l'Est, la communication aura lieu complètement par chemin de fer, avec les parcours suivants :

De Tchelabinsk à Vladivostok.....	6,484 kilom.
De Moscou à Vladivostok.....	8,680
De Saint-Pétersbourg à Vladivostok.....	9,431

La Sibérie, dont la superficie, égale à 14,500,000 kilomètres carrés, représente 1 fois 1/2 celle de l'Europe, et 1/9 de la surface des terres du globe entier, possède de grandes étendues de terres fertiles et d'énormes richesses en minerais et en combustibles minéraux. Elle manquait de débouchés et de population. Le transsibérien les lui procurera; avec l'aide des voies navigables il la mettra en valeur (de 1893 à 1899, près d'un million d'individus des deux sexes ont émigré de Russie en Sibérie). Outre ce rôle capital, le transsibérien en jouera un autre extrêmement important dans les relations de l'Europe avec l'Asie orientale.

Le trajet de Moscou à Vladivostok par Odessa demande 40 jours et coûte 1,600 francs en 1re classe et 1,200 francs en 2e classe.

Ce même trajet, effectué sur le transsibérien, demandera 10 jours et coûtera 304 francs en 1re classe et 197 francs en 2e classe.

De Londres à Shanghaï, on mettra 16 jours au lieu de 35, avec une dépense de 500 francs au lieu de 2,000 francs.

Pour le transport des marchandises, le chemin de fer pourra soutenir la concurrence avec les bateaux.

Améliorations nécessaires en cours d'exécution. — Pour réaliser les trajets susdits, dans les délais indiqués, et pour développer les transports de personnes et de marchandises,

il faut pouvoir augmenter beaucoup le nombre et la vitesse des trains. C'est à quoi l'on travaille actuellement.

Pour augmenter le nombre des trains, il faut rapprocher les stations ou haltes de croisement. En les espaçant, en pays plat, de 15 kilomètres, on pourra faire circuler 14 paires de trains par jour. Avec des espacements de 22 et de 32 kilomètres, on en pourra faire circuler 10 paires et 7 paires. On s'arrange pour obtenir 14 paires de trains de Tchelabinsk à Petropavlovsk, 10 paires de Petropavlovsk à l'Obi et 7 paires au delà.

En même temps qu'on rapproche les stations ou haltes de croisement, on pose des voies supplémentaires pour le garage ou le chargement, on développe le service des signaux, on multiplie les bâtiments et les prises d'eau, on augmente le matériel et le personnel, etc.

Dans l'état actuel, la vitesse moyenne est de 21 kilom. 34 par heure pour les voyageurs et de 12 kilom. 80 pour les marchandises; la vitesse maximum est de 26 kilom. 7. Pour accroître cette vitesse, pour la porter à 37 kilom. 34 pour les trains-poste et de voyageurs, à 53 kilom. 34 pour les trains rapides (devant aller en dix jours de Moscou au golfe du Petchili), et à 426 kilomètres par jour pour les trains de marchandises (devant aller en 20 jours de Moscou au Pacifique), il faut renforcer la voie par les moyens suivants : substitution du rail de 32 kilogrammes au rail de 24 kilogrammes; accroissement de dimension des traverses; augmentation de 0 m. 26 à 0 m. 47 de l'épaisseur du ballast; substitution aux ponts de bois de ponts en métal ou en maçonnerie. On construit dans ces conditions l'embranchement de Kaïdalovo à la frontière chinoise, mis à exécution à partir de 1899, et l'on compte que les sections antérieurement construites seront transformées pour 1905.

Pour la plus grande commodité des voyageurs, le train rapide de luxe circulera trois fois par semaine dans les deux sens, au lieu d'une fois, comme aujourd'hui. Ce train comprend, comme on a pu le voir à l'Exposition, des wagons-lits, avec salon, restaurant, cabinet de lecture, cabinets de gymnastique, de bains, etc., le tout aménagé avec le confort nécessaire pour permettre d'accomplir sans fatigue de très longs trajets.

Le coût définitif du transsibérien, y compris la dépense pour le chemin de fer chinois de l'Est et tous les frais de parachèvement et d'entreprises auxiliaires, dépassera 2 milliards. On évalue à 71 millions la recette brute en 1905, ce qui donnerait, en admettant un coefficient d'exploitation de 0.70, une recette nette de 21 millions, et, si l'on tient compte des profits indirects, un bénéfice annuel d'environ 50 millions. Ce ne sera là qu'un début. Bien d'autres progrès se produiront dans un avenir qui, sans doute, ne se fera pas longtemps attendre.

L'initiative de la mise à exécution du transsibérien et de la conduite méthodique et énergique des travaux appartient au tsar Alexandre III, qui a confié la direction générale des affaires (mais sans pouvoirs exécutifs) à un comité institué le 3 décembre 1892 et composé des Ministres intéressés, sous la présidence du tsarévitch qui, devenu em-

pereur, en est resté le président. Cette œuvre colossale est, on peut le dire, la plus grande de la fin du XIXe siècle. La longueur totale de la voie ferrée ininterrompue, reliant les points extrêmes des frontières occidentale et orientale de l'empire russe, de la station d'Alexandrow à celle de Vladivostok, comportera 10,211 kilomètres, c'est-à-dire plus du quart de la circonférence de l'équateur et plus du tiers de celle du parallèle moyen suivant lequel se développe la ligne. Dix années auront suffi pour mener à bien cette entreprise sans rivale possible au monde.

Collaborateurs principaux. — MM. les ingénieurs en chef : K. Mikhaïlovsky (sibérien occidental); N. Megeninow (sibérien central); A. Poutchetchnikov (transbaïkal jusqu'à la frontière chinoise); B. Savrimovitch (Baïkal); A. Oursatti et O. Viazemsky (Oussouri); W. Bykhovetz (Perm-Kotlass); MM. les ingénieurs : L. Proskouriakov, auteur du pont sur l'Enisseï; Olszewski, Konoprzijnski, Zenkewitch, constructeurs des ponts sur l'Irtich, l'Obi et l'Enisseï; MM. les ingénieurs, chefs de bureaux techniques, Pozniak (sibérien occidental) et Krouschkoll (sibérien central); M. l'ingénieur Jankowsky, (transport des trains sur le lac Baïkal); M. l'ingénieur Pavlowsky; MM. les ingénieurs en chef adjoints : S. Moukhlinski (sibérien occidental); E. Podrouzki et G. Houdagow (sibérien central); G. Adrianow (transbaïkal jusqu'à la frontière chinoise); A. Kholodezky et V. Zagorski (Perm-Kotlass); M. l'ingénieur naval W. Zablotzky (traversée du lac Baïkal); MM. les entrepreneurs E. Knorré et A. Bondi; MM. les ingénieurs Dmitriev-Mamonov et Zdziarski, auteurs du *Guide du Transsibérien.*

Aux citations précédentes, se rapportant aux travaux du Transsibérien, le Jury a joint les suivantes relatives à la construction d'autres chemins de fer de l'État : MM. E. Wourzel, ingénieur en chef, et Ch. Simberg, ingénieur en chef adjoint (Tifliss à Kars); N. Krouglikow (Asie centrale).

ADMINISTRATION DES CHEMINS DE FER (EXPLOITATION).

Le premier chemin de fer construit en Russie a été celui de Saint-Pétersbourg à Tsarkoé-Sélo, de 23 kilom. 5 de longueur, ouvert en septembre 1836. Deux périodes ont été particulièrement actives, sous le rapport de la construction. Pendant la première, qui embrasse 7 années, de 1868 à 1874, la moyenne annuelle a été de 1,941 kilomètres; pendant la seconde, qui embrasse 8 années, de 1893 à 1900, cette moyenne s'est élevée à 2,708 kilomètres, avec un maximum de 4,906 kilomètres en 1899.

La longueur des chemins de fer exploités au 31 décembre 1899 atteint 51,744 kilomètres qui se décomposent comme il suit :

Russie d'Europe	42,813 kilom.
Finlande	2,606
Russie d'Asie	6,325
Total	51,744

Si l'on ajoute à ce total 3,134 kilomètres, provisoirement et régulièrement exploités, on obtient, pour la longueur totale du réseau en service, le chiffre de 54,878 kilomètres; au 31 décembre 1889, la longueur exploitée était de 31,355 kilomètres, d'où résulte, en dix ans, un accroissement de 23,523 kilomètres, qui dépasse de beaucoup celui de tout autre État, les États-Unis d'Amérique exceptés.

Sur les 51,744 kilomètres exploités à titre définitif au 31 décembre 1899, 48,419 kilomètres sont à la voie normale de 1 m. 523. Ils appartiennent à l'État, pour 33,693 kilomètres (70 p. 100) et à des Compagnies privées, au nombre de 9, pour 14,726 kilomètres (30 p. 100). Depuis 1893, les Compagnies dont l'importance avait diminuée par suite de rachats antérieurs, opérés par l'État, reprennent de l'avance en Russie d'Europe. Elles y construisent la plupart des nouvelles lignes.

Les principaux résultats de l'exploitation des chemins de fer sont donnés par le tableau suivant pour les lignes de Russie d'Europe, la Finlande non comprise.

		1889.	1897.
Nombre de voyageurs par kilomètre		160,000	233,000
Nombre de tonnes par kilomètre		577,000	805,000
Parcours moyen d'un voyageur	1re classe	//	310km
	2e classe	//	194km
	3e classe	//	111km
Nombre de voyageurs par train		124	141
Nombre de tonnes par train		178	196
Chargement par essieu	Voyageurs (nombre)	4.49	4.65
	Marchandises (tonnes)	2.57	2.77
Pourcentage, en poids, des principales marchandises transportées	Céréales	21.7 %	15.8 %
	Houille	15.0 %	16.5 %
	Naphte	5.4 %	7.6 %
	Bois de construction	8.0 %	7.2 %
	Bois de chauffage	7.7 %	5.2 %
Coefficient d'exploitation		60 %	59 %
Recettes brutes		694,000,000f	1,086,600,000f

La part de l'État dans la construction des chemins de fer revient à 10 milliards. Elle monte à 94,9 p. 100 de la dépense totale, celle des sociétés privées montant à 5,1 p. 100. Les fonds employés à la construction des chemins de fer se répartissent ainsi :

Capital actions	3.2 p. % (la moitié garantie par l'État).
Capital obligations	84.5 p. % (83.2 p. % garantis par l'État).
Prêts de l'État	9.8 p. %.
Subsides et divers	2.5 p. %.

Les 33,693 kilomètres de chemins de fer appartenant à l'État se répartissent entre 22 réseaux, administrés séparément, dont les plus importants sont :

Le réseau du Sud-Ouest, dont le siège est à Kiew	3,941 kilom.
Le réseau du Sibérien, dont le siège est à Tomsk	3,249
Le réseau de l'Asie centrale, dont le siège est à Askhabad	2,512

Les chemins de fer de l'État réunis exposent les modèles et les dessins de divers ouvrages de travaux publics; ponts, élévateurs et magasins, ateliers.

Pont roulant sur la rivière Volkhoff (*chemin de fer Nicolas*). — La culasse, de même longueur que la volée, est tout entière sur la berge. Entre son extrémité et la partie fixe de la voie ferrée se trouve, quand le pont est fermé, une portion de voie mobile transversalement, de même longueur que cette culasse. Pour ouvrir le pont, on le fait rouler en arrière après avoir déplacé la portion mobile. Huit hommes exécutent le mouvement en 12 minutes.

Passerelle à la station Lioubanne (*chemin de fer Nicolas*). — Cette passerelle de 98 m.75 de longueur, en plusieurs travées, est du type des ponts *à béquilles*, précédemment examinés. (Voir *France, Cie de l'Est.*)

Pont sur la Soula (*chemin de fer Kharkow-Nikolaïef*). — Ce pont, étudié par M. l'ingénieur Proskouriakoff, se compose d'une poutre droite à treillis en N, portée par trois appuis espacés de 67 m. 06 d'axe en axe, et prolongée au delà des appuis extrêmes par des consoles de 18 m. 29. On a substitué ainsi des piles aux culées, et cela avec avantage, à cause du prix élevé qu'eussent coûté ces culées. Les consoles sont jointes au remblai par des longrines de raccord de 4 m. 87 de longueur, soutenues, du côté du pont, par une poutre transversale admettant un certain jeu, et, du côté du remblai, par un siège métallique sur lequel elles s'appuient par des vis, permettant de les relever en cas de tassement. La hauteur des poutres est de 7 m. 625 et leur écartement, d'axe en axe, de 4 m. 88. Le poids du métal monte à 606 t. 6.

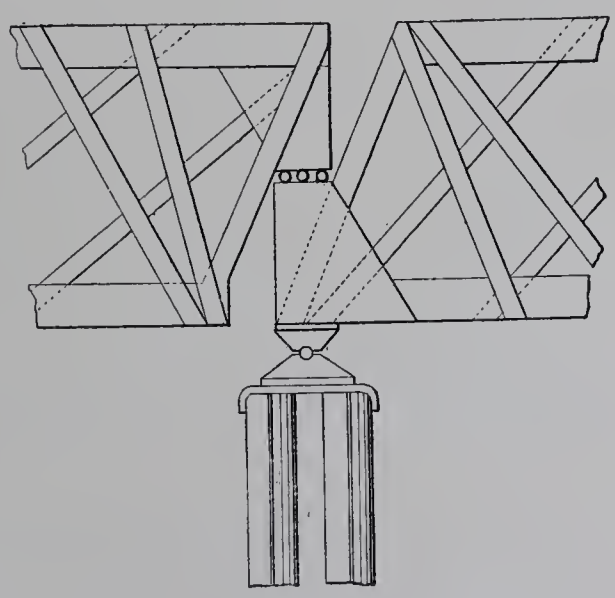


Fig. 172. — Pont sur la Zaravchan. Jonction des poutres.

Pont sur la Zaravchan (*chemin de fer de l'Asie centrale*). — Ce pont appartient à un type appliqué aussi sur le chemin de fer d'Oussouri. Il se compose de sept travées indépendantes de 17 mètres d'ouverture, appuyées sur des pieux métalliques auxquels elles sont liées par une rotule à une extrémité, tandis qu'elles reposent par l'autre extrémité, profilée à ressaut, sur un ressaut correspondant de la poutre voisine. La faible surface d'appui offerte par les pieux a conduit sans doute à faire adopter cette solution.

Élévateur-magasin de la gare de Revel-Port (*chemin de fer de la Baltique et de Pskow-Riga*). — L'augmentation croissante de l'exportation des grains par le port de

Revel a obligé, pour abriter les grains avant leur chargement, à construire un élévateur-magasin et trois dépôts de réserve, terminés en 1893, puis encore un hangar en bois. L'élévateur-magasin, bâti avec 5 étages, contient 10 silos et 40 caisses à blé. L'ensemble du magasin et des dépôts peut contenir 6,000 tonnes de grains. Ceux-ci ne peuvent séjourner plus de 40 jours. La totalité des grains emmagasinés a passé de 21,882 tonnes en 1894, à 75,505 tonnes en 1898.

Dépôt et transport du blé sur le chemin de fer Kharkow-Nicolaïew. — Le chemin de fer Kharkow-Nicolaïew traverse les provinces de Poltava, d'Iékaterinoslav et de Kherson, qui sont les plus fertiles de la Petite Russie, et il aboutit, sur la mer Noire, au port de Nicolaïew, dont l'exportation en blé dépasse 1,300,000 tonnes par an. Autrefois, le blé se chargeait en sacs dans les wagons. Maintenant, on vide les sacs dans les wagons, ou plutôt, pour éviter les pertes de grains, dans de grandes housses en toile dont ces wagons sont munis. Afin de régulariser les transports et d'éviter l'encombrement, des magasins ou hangars couverts et fermés, des hangars en tôle ondulée, transportables au gré des besoins, et de grands dépôts à un ou à deux étages, sont établis dans les stations qu'il y a lieu d'en pourvoir. En 1899, il y a eu dépôt prolongé de blé dans 18 stations. Il y a été reçu 78,917 tonnes et expédié 77,859 tonnes de blé.

L'élévateur de Nicolaïew, terminé en octobre 1893, fonctionne mécaniquement, tandis que les autres bâtiments de dépôt sont dépourvus d'engins mécaniques. Cet élévateur consiste en deux corps de bâtiments, composés chacun d'une tour renfermant les mécanismes moteurs et les appareils d'élévation, de nettoyage et de triage, et d'une construction en bois de 49 mètres de long, 24 m. 50 de large et 25 m. 60 de haut, renfermant 200 coffres à blé de 7 wagons de capacité. Il peut contenir 25,000 tonnes de blé. Il en a reçu 105,000 et livré 100,000 en 1895. Les mouvements du grain sont opérés par des toiles sans fin, munies de godets pour les déplacements verticaux. Les frais de construction de l'élévateur se sont élevés à 2,197,000 francs.

Principaux collaborateurs : MM. les ingénieurs Navrotzky (pont roulant sur la rivière Volkhoff); Schmidt (Th.) (élévateur de Nicolaïew).

ADMINISTRATION DES CHAUSSÉES,
DES VOIES NAVIGABLES ET DES PORTS DE COMMERCE.

Cette administration qui s'étend à tout l'empire, la Finlande exceptée, dépend du Ministère des voies de communication. Les crédits alloués pour 1900 s'élèvent à 92,420,844 francs et se répartissent comme il suit :

Chaussées	35,350,277 francs.
Voies navigables	33,828,178
Ports de commerce	17,421,681
Administration	5,820,708
Total	92,420,844

Chaussées. — Le Ministère des voies de communication n'administre que les routes les plus importantes; toutes les autres dépendent soit des États provinciaux (zemstvos), soit de la police locale.

La construction des chaussées, commencée en 1817, a reçu son plus grand développement de 1836 à 1855, sous le règne de l'empereur Nicolas Ier. La longueur actuelle est de 15,469 kilomètres, sur lesquels le ministère entretient 11,984 kilomètres, plus 1,408 kilomètres de routes ordinaires, situées presque exclusivement dans la région du Caucase. Le coût moyen kilométrique des chaussées est de 26,176 fr. et le coût moyen de l'entretien annuel monte à 1,000 francs. Dans le principe, les ponts étaient le plus souvent construits en bois, avec piliers en maçonnerie pour les ouvrages à plusieurs travées. Puis on a employé les poutres américaines en bois et les tabliers suspendus à des chaînes. On donne maintenant la préférence aux poutres métalliques.

Voies navigables. — Les voies de navigation et de flottage de la Russie d'Europe comprennent, la Finlande mise à part, 862 fleuves et rivières, 39 lacs et 38 canaux. Elles se classent comme suit :

Voies uniquement flottables	26,143 kilom.
Voies uniquement utilisées à la descente	15,822
Voies utilisées à la descente et à la remonte	40,868
Total	82,833

La navigation à vapeur existe sur 27,552 kilomètres.

L'étendue totale des voies de navigation artificielle, canaux et rivières canalisées, est de 1,959 kilomètres.

Les voies navigables de la Russie d'Europe se répartissent entre quatre bassins maritimes : mer Baltique; océan Arctique et mer Blanche; mers Noire et d'Azov; mer Caspienne, reliés entre eux par huit systèmes de canaux, qui forment deux groupes principaux.

Le groupe du Nord-Est comprend les bassins du Volga, de la Dvina et de la Néva, avec les lacs Ladoga, Onega et Ilmen. Son centre commercial est à Nijni-Novgorod, sur le Volga. Les plus longs parcours y sont : d'Astrakan à Saint-Pétersbourg, 3,853 kilomètres, et d'Astrakan à Arkangel, 4,508 kilomètres.

Le groupe du Sud-Ouest comprend les bassins du Dnièpre, de la Duna, du Niémen et de la Vistule. Son centre commercial est à Kiew, sur le Dnièpre. Les plus longs parcours y sont : de Kherson (embouchure du Dnièpre) à Riga, 2,357 kilomètres, et de Kherson à Neschau (frontière d'Allemagne sur la Vistule), 2,267 kilomètres.

La durée annuelle de la navigation est de cinq à six mois dans la région septentrionale, de huit à neuf mois dans la région méridionale.

La flotte à vapeur sur rivière comprenait : en 1890, 1,824 bateaux et, en 1898,

3,040 bateaux, dont plus de moitié (environ 63 p. 100) sont des remorqueurs. La flotte à voile et à remorque a peu varié comme nombre d'embarcations, mais le tonnage s'en est sensiblement accru. Elle comptait :

En 1890, 20,125 bateaux, pouvant charger 6,580,000 tonnes;

En 1895, 20,580 bateaux, pouvant charger 8,624,000 tonnes; ce qui donne, en dernier lieu, une moyenne de 419 tonnes par bateau. Presque toutes ces embarcations (plus de 99 p. 100) sont en bois.

La quantité de marchandises transportées, par flottage et par bateaux, a passé de 10,200,000 tonnes en 1871, à 27,900,000 tonnes en 1897, c'est-à-dire qu'elle a presque triplé dans le dernier quart de siècle.

Le mouvement des marchandises par voies navigables est à peu près équivalent à celui par chemins de fer. Il a été, en 1897, de 23 milliards de tonnes-kilomètres pour la navigation et de 24 milliards pour les chemins de fer. Les frets sont très faibles. Sur les artères principales, le Volga et la Kama, ils descendent à 0 fr. 0053 par tonne-kilomètre pour le naphte et ses produits; à 0 fr. 0056 pour le sel; à 0 fr. 0065 pour le fer et la fonte; à 0 fr. 0077 pour le grain; à 0,0159 pour le poisson.

Les voies navigables de la *Russie d'Asie* comprennent : 188 fleuves et rivières, 4 lacs et 1 canal, offrant à la navigation et au flottage une étendue de 88,281 kilomètres, dont 37,991 kilomètres uniquement flottables; 2,315 kilomètres utilisables seulement à la descente, et 47,975 kilomètres utilisables à la remonte et à la descente. La navigation à vapeur existe sur 34,646 kilomètres, avec 275 bateaux, qui circulent principalement sur l'Obi (41,5 p. 100) et sur l'Amour (42 p. 100). La flotte à voile et à remorque comptait, en 1896, 818 embarcations, pouvant charger 306,000 tonnes, ce qui donne, par embarcation, un chargement moyen de 374 tonnes. Il n'existe qu'un seul système de voies de navigation artificielle, celui de l'Obi-Enisseï, réalisé par le canal de 159 kilomètres unissant ces deux fleuves.

La durée de la navigation sur les voies fluviales de la Sibérie est encore plus variable que dans la Russie d'Europe. Elle est en moyenne de six mois dans le haut de l'Obi, de l'Irtich et de l'Enisseï, de huit mois sur le lac Baïkal, de trois mois et demi à l'embouchure de l'Obi, de deux mois et demi à l'embouchure de l'Enisseï et de deux mois au plus à l'embouchure de la Lena, dont parfois le delta ne dégèle point. L'Amour est entièrement navigable pendant cinq mois.

Voies navigables artificielles. — Les voies navigables ont joué de tout temps un rôle extrêmement considérable dans les relations commerciales de la Russie. On pouvait bien, en hiver, transporter les marchandises par traîneaux, mais il fallait, faute de routes, les faire circuler par eau pendant la belle saison. Les premiers canaux datent du règne de Pierre le Grand, qui joignit le Volga à la Dvina, et fit entreprendre divers travaux et de nombreuses études dans plusieurs parties de son empire. On donne en Russie le nom de *système* à l'ensemble des voies navigables factices, améliorées ou naturelles, qui constituent une ligne de navigation embrassant plusieurs cours d'eau.

Fig. 173. — Carte des voies navigables de la Russie.

La jonction, créée de 1703 à 1708, par Pierre le Grand, entre la Dvina et le Volga, constitue la voie d'eau qui porte le nom de système Vishni-Volotchok ou Vichnelolozki et qui emprunte successivement, depuis Pétersbourg : la Néva, le lac Ladoga, le Vol-

khov, le lac Ilmen, la Msta et la Tverza, affluent du Volga. Pierre le Grand fit encore étudier, pour opérer la même jonction, les deux systèmes dits : Tikhvine et Mariinski, qui furent exécutés par la suite, le premier (1802-1811) fournissant la voie la plus courte, et le second (1798-1810) la voie la plus longue, mais la plus favorable à la marche des grands bateaux. A raison de cet avantage, on a adopté, en définitive, le système Mariinski et délaissé de plus en plus les deux autres.

Système Mariinski. — De Pétersbourg la Néva mène au lac Ladoga qui est contourné par deux canaux, l'un plus ancien, l'autre plus récent, disposé pour soustraire les embarcations à l'action des vagues, redoutable, sur ce grand lac, à des bateaux de rivière pesamment chargés.

Puis on passe dans la rivière Svir, à courant rapide et seuils rocheux, améliorée par des dragages et par la construction d'un chenal au moyen de digues et d'épis. Viennent ensuite : le lac Onega, que l'on contourne par un canal, et la rivière Vytegra, d'allure torrentielle, canalisée sur 47 kilomètres au moyen d'écluses en bois mesurant aujourd'hui 81 m. 90 de longueur sur 10 m. 67 de largeur, avec des chutes variant de 2 m. 40 à 3 m. 40. Du bief de partage, situé à 119 mètres au-dessus du niveau de la mer Baltique, on descend au Volga par la rivière Koja, profonde et tranquille, par un canal contournant le lac Biello et par la rivière Scheksna, maintenant canalisée.

Le système Mariinski, notablement amélioré une première fois de 1858 à 1866, puis de nouveau de 1878 à 1886, vient de recevoir, de 1890 à 1896, des perfectionnements considérables. On y a fait de grands travaux en vue de rendre toutes les parties du trajet accessibles aux bateaux de 64 mètres de longueur, 9 m. 60 de largeur et 1 m. 78 de tirant d'eau, pouvant charger jusqu'à 680 tonnes (au lieu de 160 tonnes en 1810 et 300 tonnes en 1866). A cet effet, on a reconstruit les écluses, en supprimant les écluses doubles. Le haut Scheksna a été canalisé à l'aide de quatre barrages Poirée, accompagnés d'écluses en maçonnerie de 340 mètres de longueur sur 12 mètres de largeur, pouvant recevoir tout un train de bateaux avec son remorqueur à vapeur. Dans l'état actuel, le système Mariinski, mesurant 1,150 kilomètres de longueur, suffit aux besoins d'une grande navigation fluviale.

Amélioration des voies navigables naturelles. — Le *Volga*, la grande artère navigable de la Russie, mesure 2,880 kilomètres de longueur depuis son embouchure dans la mer Caspienne jusqu'au confluent de la Scheksna. Le trafic annuel y atteint, sur certaines sections, 5 millions de tonnes. C'est, après le Rhin inférieur, la voie navigable d'Europe la plus fréquentée. D'importants travaux d'amélioration ont été exécutés sur ce fleuve depuis 1890. Ils consistent en rectifications de sinuosités brusques, en dérasements de seuils, en dragages, en réductions et fixations du lit au moyen de digues et d'épis noyés, construits en fascinages et en moellons, assis au besoin sur des tapis en fascines ou en paille coulés à fond à l'aide de surcharges en moellons. Les principaux travaux ont été opérés : auprès de Nijni-Novgorod, de 1890 à 1895, le long du port

de Sibérie, pour régulariser le chenal : de 1892 à 1898, à 13 kilomètres en aval de la même ville, au prix de 7,500,000 francs, pour supprimer un groupe de hauts fonds; à Saratov, depuis 1895, pour diriger le courant le long de la ville; et sur d'autres points, notamment à Kostroma, Makariev et en aval de Kazan, pour supprimer des hauts fonds.

Sur la *Vistule,* on a régularisé : sur 192 kilomètres, d'accord avec l'Autriche, la partie du fleuve limitrophe de cet État; et, sur 12 kilomètres, la partie attenante à Varsovie qui laissait beaucoup à désirer.

Sur le *Dnièpre,* on achève de régulariser le lit auprès des villes de Kiew et de Tcherkassi; auprès d'Ekaterinoslav, devant les cataractes du fleuve (coût : 4,124,000 francs); auprès d'Alexandrovsk, en aval des cataractes.

On commence à développer les ports de rivière, jusqu'ici très négligés. On s'est particulièrement attaché, dans les derniers temps, à améliorer les criques de refuge hivernal. Il y a beaucoup à faire pour l'outillage. Sans doute la construction des ports de rivière va bientôt prendre un grand essor.

Dragages. — Les dragages prennent une extension toujours croissante sur les voies navigables de la Russie. On les a beaucoup développés depuis 1892. Il existait au 1er janvier 1900, en comptant les engins en construction :

62 dragues à godets refouleuses d'un rendement de 100 à 250 mètres cubes par heure, selon les types;

2 dragues suceuses refouleuses à désagrégateurs, du système Bates, en usage sur le Mississipi, pouvant déblayer, par heure, et refouler à 213 mètres de distance, 3,000 mètres cubes de sable, pris sur une épaisseur de 1 m. 07, ou 1,500 mètres cubes, pris sur une épaisseur de 0 m. 60.

3 dragues suceuses refouleuses à désagrégateurs, du système Vernaudon, d'un rendement horaire de 150 mètres cubes et d'un tirant d'eau de 0 m. 64 seulement.

1 drague suceuse refouleuse, sans désagrégateurs, d'un rendement horaire de 100 mètres cubes.

1 drague à un seul godet.

134 dragues spéciales pour l'enlèvement des pierres et des arbres déracinés, tombés des rives et amenés par le courant ou mis à découvert par le travail de l'eau.

29 bateaux et chaloupes à vapeur employés au service du dragage.

215 chalands et embarcations analogues pour le transport des déblais.

On peut juger du progrès des dragages sur les voies navigables de la Russie par les chiffres suivants. Le rendement horaire total de toutes les dragues fonctionnant sur ces voies était de 698 mètres cubes au 1er janvier 1890, de 3,252 mètres cubes au 1er janvier 1895 et de 9,867 mètres cubes au 1er janvier 1900, en comprenant les engins en construction et en ne comptant les dragues Bates que pour 1,500 mètres cubes.

Ports maritimes de commerce. — Le commerce maritime de la Russie est concentré presque exclusivement dans les 12 ports indiqués ci-après, dont le trafic

IMPRIMERIE NATIONALE.

(donné pour l'année 1897) dépasse ou atteint, à peu de chose près, un million de tonnes.

	DÉSIGNATION DES PORTS.	TRAFIC EN TONNES.
Mer Baltique	Saint-Pétersbourg	3,690,000
	Cronstadt	
	Riga	2,590,000
	Libava	1,000,000
Mer Noire	Odessa	4,000,000
	Nicolaïew	1,380,000
	Kherson	850,000
	Novorossiisk	1,000,000
	Batoum	1,310,000
Mer d'Azov	Marioupol	800,000
	Rostov	1,050,000
Mer Caspienne	Bakou	4,640,000
	Astrakhan	4,750,000

On compte encore, dans la Russie d'Europe, 11 ports de moindre importance, dont le trafic atteint 160,000 tonnes. Le port principal de la Russie d'Asie est Vladivostok, sur l'océan Pacifique. Vient ensuite Nicolaïevsk, à l'embouchure de l'Amour. On construit à présent, sur le territoire concédé par la Chine, le port Dalni (ci-devant Talienwan), où doit aboutir l'embranchement méridional du chemin de fer oriental chinois.

Le succès de la construction du canal maritime de Saint-Pétersbourg à Cronstadt, terminé en 1885 et qui a porté de 2 m. 75 à 6 m. 70 la profondeur du chenal, a encouragé l'entreprise de travaux du même genre en divers ports, situés sur des fleuves, non loin des embouchures. Les chenaux sont creusés par dragages et entretenus par le même procédé. A Arkhangel, l'amélioration de l'embouchure de la Dvina a porté le mouillage de 4 m. 27 à 6 m. 40. A Kherson, à l'embouchure du Dnièpre, le mouillage, récemment accru de 3 mètres à 5 m. 20, va être porté à 7 m. 60. Des travaux analogues, mais plus modestes, à cause du peu de profondeur de la mer d'Azov, ont été exécutés à l'embouchure du Don. Un projet grandiose se rapporte à l'embouchure du Volga et à la transformation d'Astrakhan en port maritime. La réalisation de ce travail, qui n'est pas encore définitivement arrêté, exigera un déblai d'au moins 20 millions de mètres cubes. A Riga, de grands travaux de régularisation et de dragage, opérés dans la Duna, à l'amont de la ville, et dans l'intervalle de 16 kilomètres compris entre cette ville et l'embouchure du fleuve, ont substitué un spacieux chenal de 6 m. 70 de profondeur à l'ancien chenal, étroit et tortueux, barré par deux hauts fonds. A Saint-Pétersbourg même, on projette d'approfondir à 9 m. 15 le canal maritime aboutissant à Cronstadt.

D'importants travaux de création ou d'agrandissement ont été exécutés dans un grand nombre de ports.

Port de Libau. — De 1890 à 1896 on a créé à Libau un vaste avant-port, dont les musoirs atteignent les fonds de 9 mètres. Il se divise en deux parties : au Nord, le port militaire, mesurant près de 500 hectares, et au Sud, le port commercial, mesurant environ 200 hectares, séparé du port militaire par une traverse qui s'arrête à 904 mètres du môle du large et divisé en deux parties, port et avant-port, par un môle spécial. Le môle du large se compose de 3 parties : l'une, au Sud-Ouest, rattachée à la terre, limitant le port commercial; les deux autres, à l'Ouest, mesurant 768 mètres et 1,684 mètres, isolées par 3 passes de 210 mètres, dont une pour le port de commerce et 2 pour le port militaire. La jetée Nord, rattachée à la côte, a 1,773 mètres de longueur. Elle consiste en un mur vertical de 7 m. 32 de largeur et de 9 mètres de hauteur, formé de blocs de béton régulièrement arrimés, assis sur un massif d'enrochements réglé au scaphandre. La crête monte à 3 m. 05 au-dessus du niveau de la mer. On a construit cette jetée à l'aide d'un Titan qui a placé, pendant chacune de ses deux années de travail, 7,000 blocs pesant de 25 à 30 tonnes. Les môles du large consistent en un pêle-mêle de blocs de béton assis sur des enrochements et mesurant 9 m. 15 de largeur en crête (à 2 m. 15 au-dessus du niveau de la mer). Le prix de revient de la jetée Nord peut être évalué à 4,100 francs par mètre courant, et celui des môles du large, musoirs compris, à 7,700 francs. Les travaux ont été conduits avec une activité et une sûreté remarquables. La vitesse d'exécution a atteint environ 840 mètres de digue par an.

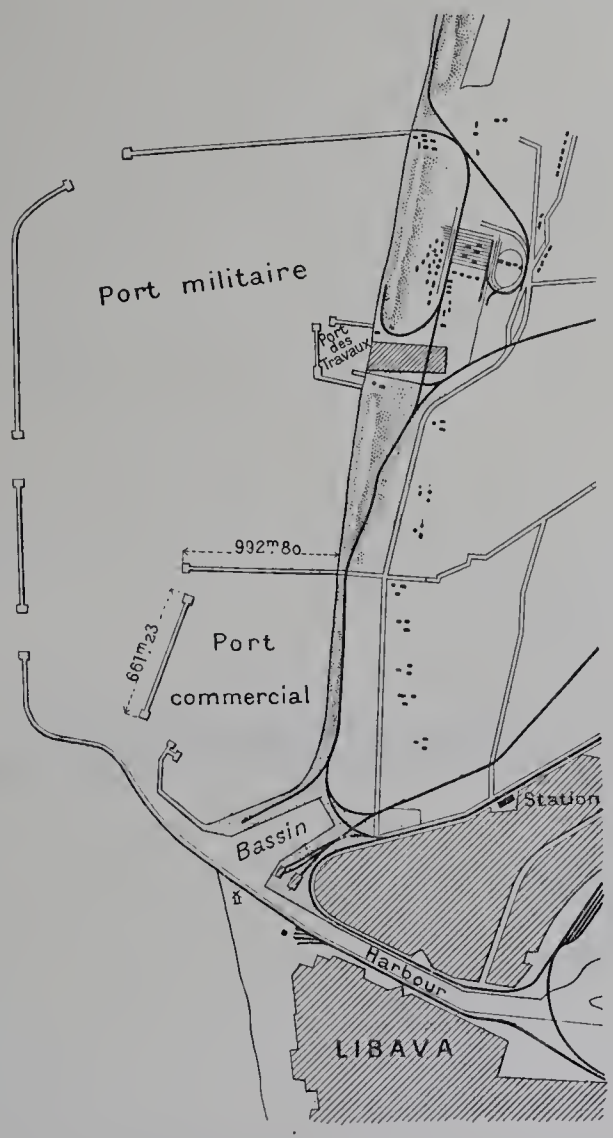


Fig. 174. — Port de Libau.

Port de Cronstadt. — L'unique bassin du port de commerce de Cronstadt se trouvant insuffisant, on construit un second bassin clos par un brise-lames en caissons de bois. On doit l'achever en 1901 ; il coûtera 931,000 francs.

On a entrepris à *Vindava,* sur la mer Baltique, en un point de la côte où, comme à Libava, la mer ne gèle pas, la construction d'un grand port qu'on relie directement

à Moscou par une voie ferrée. Le port en rivière, approfondi d'abord à 7 m. 31, puis à 7 m. 92 et pourvu de quais verticaux avec voies ferrées, magasins à blé, silos, éléva-

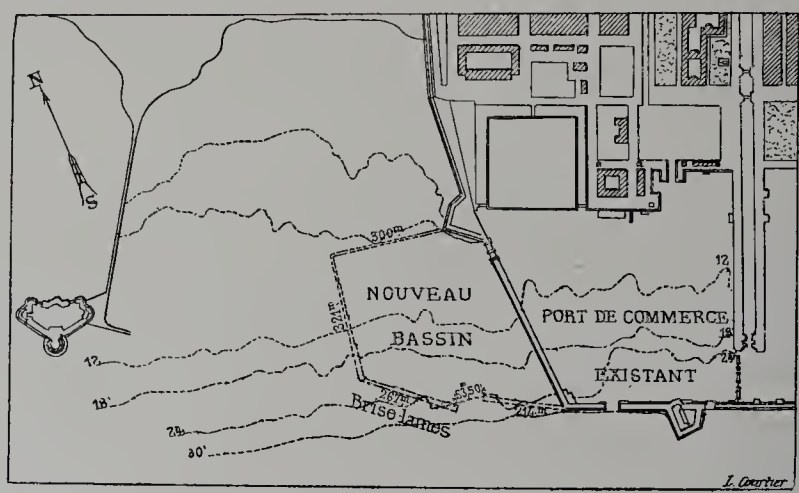


Fig. 175. — Port de Cronstadt.

teurs, etc., est précédé, en mer, d'un avant-port, formé par deux digues convergentes au large.

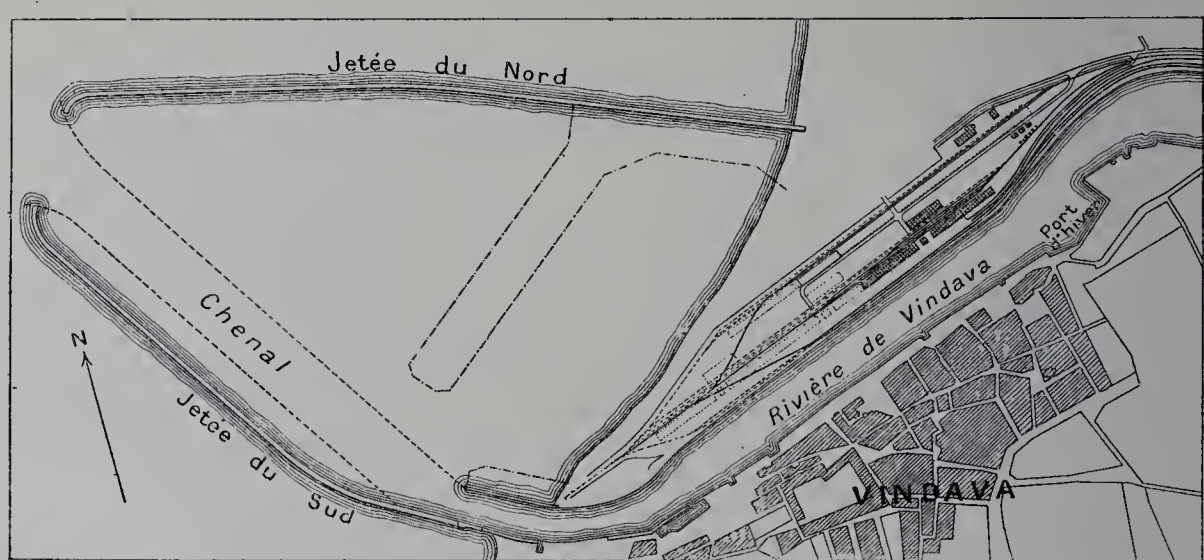


Fig. 176. — Port de Vindava.

De grands travaux sont en cours d'exécution et d'autres sont déjà en projet pour l'agrandissement du *port de Saint-Pétersbourg*. De même pour le *port d'Odessa*, dont le mouvement commercial s'accroît très rapidement. Un nouveau brise-lames et de nouveaux bassins pour le grain et la houille y sont projetés. D'autres ports encore, *Nicolaïew*, *Marioupol*, *Novorossiïsk* et *Batoum*, pour ne citer que les principaux, ont été agrandis ou sont en voie d'agrandissement.

Dragages. — Les dragages ont pris, dans les travaux de navigation maritime, autant d'importance que dans ceux de la navigation fluviale. L'administration dispose,

pour le creusement et l'entretien des chenaux maritimes et des ports, d'une flotte de 33 dragues à godets, de 3 dragues suceuses, de 36 bateaux-porteurs à vapeur, de 102 bateaux porteurs à remorque et de 46 remorqueurs ou bateaux de service. Les deux engins ayant le plus fort rendement sont : une drague à godets de 750 mètres cubes à l'heure et une drague suceuse de 600 mètres cubes.

Bateaux brise-glace. — Il existe trois bateaux brise-glace : l'un de 700 chevaux à Nicolaïew, pour maintenir la navigation libre dans les golfes du Boug et du Dnièpre-Boug, sur les 75 kilomètres compris entre le port et la mer ; le second, de 700 chevaux, à Libava pour empêcher l'encombrement de l'entrée du port par les glaçons flottants et pour porter secours aux bateaux qui se perdent dans les glaces à l'entrée du port de Riga ; le troisième, de 2,000 chevaux, à Odessa, pour désobstruer le port et la mer des glaces apportées par les fleuves avoisinants.

Outillage des ports. — Des appareils hydrauliques pour le chargement de la houille existent à Marioupol. Des magasins élévateurs à grains fonctionnent à Saint-Pétersbourg, Riga, Reval, Nicolaïew, Odessa, Novorossiisk (le plus remarquable, celui de Novorossiisk, a une capacité de 50,000 tonnes). On a installé à Batoum des engins pour le chargement en bateau des produits du naphte. Ces différents appareils ou magasins sont établis, tantôt par les administrations des ports, tantôt par les compagnies de chemins de fer, tantôt, enfin, par des sociétés privées ou des particuliers.

Collaborateurs principaux : MM. les ingénieurs en chef : W. Lakhtine (travaux d'amélioration du Volga); baron Amixoff (travaux du canal sibérien-Obi-Enisseï); A. Walonew et K. Balinsky (travaux d'amélioration du système Mariinsky, 1re et 2e sections); N. Makssimovitch (travaux de régularisation du Dnièpre); J. Kostenetzky et L. Kvitzinsky (projets et travaux de régularisation de la Vistule); M. l'ingénieur Th. Schmidt (construction de l'élévateur à grains du port de Nicolaïew); MM. les ingénieurs, chefs de section, J. Zvikel et C. Mikoulinski (travaux de régularisation de la Vistule); M. le Conseiller d'État, professeur N. Vosnessensky (notice sur les voies navigables, chaussées et ports de commerce).

CHANCELLERIE DU MINISTÈRE DES VOIES DE COMMUNICATION.

La Chancellerie du Ministère des voies de communication expose des résumés historiques, très étudiés, des travaux et des progrès accomplis dans les diverses catégories de travaux publics : chemins de fer, chaussées, navigation fluviale, ports maritimes ; et dans les branches d'administration qui se rattachent à ces travaux : institut et écoles techniques, institutions de prévoyance, etc. Plusieurs de ces publications ont fourni la matière des précédents comptes rendus relatifs à l'exécution des travaux publics ; quelques-unes, traitant des écoles, seront mises à profit plus loin. Celles qui se rapportent aux chemins de fer ont été publiées sous la direction de M. le conseiller privé

W. de Wherkhovsky, avec l'assistance de MM. S. Kareischa (superstructure des chemins de fer); J. Czekhanovitch (développement des chemins de fer); Bogoulovski (ouvrages d'art des chemins de fer); Th. Galintzinky (capacité des chemins de fer); N. Antoschine (développement du matériel roulant); J. Richter (exploitation technique); A. Pokotilow et N. Reitlinger (institutions d'assurance); P. Ponkorgievsky (situation financière des chemins fer); A. Radziy (rôle économique des chemins de fer); M. le conseiller privé A. S. Yermoloff, directeur de la Chancellerie, président de la commission chargée de l'ensemble du travail, a rédigé le résumé historique du développement et du fonctionnement de l'Administration centrale des voies de communication.

A ces noms joignons ceux, distingués par le Jury, de M. l'ingénieur A. Gortchakow, rédacteur du journal *Questions de chemins de fer,* et de MM. les ingénieurs A. Abramson et M. Filonenko, rédacteurs du journal mensuel *Ingénieur,* publié à Kiew.

Section des écoles du Ministère des voies de communication. — La Russie possède un grand nombre d'écoles de divers ordres, pour la formation d'ingénieurs et de techniciens de second rang voués à l'exécution et à l'exploitation des voies de communication. Nous les passerons brièvement en revue, selon leur degré d'importance.

Institut des ingénieurs des voies de communication de l'Empereur Alexandre Ier. (Résumé historique par M. l'ingénieur S. M. Gitkow). — L'Institut a été fondé en 1809, sous le règne d'Alexandre Ier, par l'ingénieur français Betancourt, avec le concours d'ingénieurs envoyés par l'École des ponts et chaussées de France, sur la demande du Gouvernement russe. Après une série de réformes qui se sont poursuivies pendant les quatre-vingt-dix premières années de son existence, l'Institut des voies de communication est devenu aujourd'hui une école supérieure technique, comportant cinq années d'études, les deux premières consacrées à l'instruction générale théorique : calcul, géométrie, mécanique, physique, chimie; les deux suivantes à l'instruction professionnelle, et la dernière à l'application des connaissances techniques à l'élaboration de projets de construction et à l'étude de questions de mécanique appliquée. Le programme des cours comprend l'enseignement de trois langues étrangères, le français, l'anglais et l'allemand.

Le nombre des élèves admis annuellement, à la suite d'un examen de concours, est de 120 à 150. Le nombre des candidats s'élève à 900 depuis quelques années. Les élèves sont externes et payent un écolage annuel de 100 roubles (266 francs), à moins qu'ils n'obtiennent une bourse. Pour procurer aux plus nécessiteux un logement et des repas à bon marché, un vaste bâtiment, contenant 50 logements et une salle à manger pour 200 personnes, a été aménagé en 1895, à côté de l'Institut.

Le personnel enseignant se compose d'un directeur, d'un inspecteur et de cent membres, professeurs, professeurs adjoints, répétiteurs et ingénieurs chargés de suivre les travaux pratiques des élèves. Le budget annuel est d'environ 665,000 francs. L'In-

stitut possède : une bibliothèque de 30,000 volumes, un laboratoire d'essais mécaniques, un laboratoire hydraulique, des laboratoires de physique, de chimie et de photographie, des collections d'instruments géodésiques, de minéralogie et de pétrographie. Il publie, depuis 1884, un bulletin, déjà fort de 52 volumes, où paraissent les travaux du personnel enseignant. Il publie aussi quelques-uns des cours pour les distribuer aux élèves. Une somme de 40,000 francs est annuellement affectée à ces publications.

Les ingénieurs sortant de l'École sont immédiatement employés dans les services de travaux publics de l'État ou des compagnies privées. Un petit nombre, l'élite, reste à l'Institut pour s'y préparer à la carrière professorale.

École impériale des ingénieurs, à Moscou, créée, en 1896, par le Ministère des voies de communication, pour former annuellement une centaine d'ingénieurs constructeurs.

L'enseignement dure trois années, après lesquelles les élèves sont envoyés pendant deux années dans les services de construction les plus instructifs. Ils s'y forment à la pratique et reçoivent le diplôme d'ingénieur-constructeur après approbation, par le Conseil de l'École, des comptes rendus de leurs travaux techniques, certifiés et favorablement apostillés par les chefs des travaux.

Écoles techniques de chemins de fer, au nombre de trente, fondées successivement sur tous les points de l'Empire, à partir de 1869 (une à Tiflis, quelques-unes en Sibérie), en vue de former des techniciens de second rang, mécaniciens, contremaîtres, agents du mouvement pour le service de la voie, de la traction et du mouvement. L'âge d'entrée est de quatorze à dix-huit ans. L'enseignement dure cinq années, dont trois à l'école et les deux dernières dans le service. Le nombre total des élèves était de 2,785 pendant l'année scolaire 1898-1899, variant, en général, de 80 à 100 par école. La moitié environ des élèves sont fils d'employés. La dépense annuelle est d'environ 42,500 francs par école.

Écoles spéciales de construction, au nombre de deux, l'une à Nicolaïew, l'autre à Sébastopol, préparant des techniciens de second rang pour le service des voies et la construction des nouvelles lignes.

École de conducteurs, à Vychny-Volotchok (entre Saint-Pétersbourg et Moscou), fondée en 1883, afin de former des aides-ingénieurs pour les chaussées et les voies fluviales. Comme dans les écoles techniques de chemins de fer, l'enseignement dure cinq années, passées, les trois premières à l'École et les deux dernières dans un apprentissage pratique. L'École fournit une quarantaine de sujets par an.

Écoles fluviales, au nombre de trois, créées à Nijni-Novgorod en 1887, à Rybinsk, sur le Volga, et à Blagovéchtchensk, sur l'Amour, en 1899, en vue de former des pilotes et des mécaniciens de bateaux à vapeur. La durée des études est de trois années.

Elles se font pendant l'hiver. Pendant l'été, les élèves trouvent à s'employer dans la batellerie. Durant ses dix premières années, l'école de Nijni-Novgorod a fourni une trentaine de sujets par an. Le nombre des élèves s'y est beaucoup accru dans les dernières années. Cette école est alimentée par des subventions privées.

Section de statistique et de cartographie du Ministère des voies de communication. — La Section de statistique et de cartographie expose : 1° des cartes montrant le développement, par périodes, du réseau des chemins de fer, les voies navigables et les chaussées de la Russie d'Europe, et les voies de communication de la Russie d'Asie; — 2° des tableaux graphiques représentant : le mouvement des marchandises par chemins de fer et par voies navigables; le mouvement d'importation et d'exportation des ports maritimes et des douanes frontières; le transport des voyageurs et des marchandises en trains de grande, moyenne et petite vitesse; les résultats financiers de l'exploitation des chemins de fer; la flotte fluviale, le transport des marchandises par voies navigables; — 3° des publications statistiques, récentes, au nombre de douze, contenant les données détaillées d'après lesquelles on a dressé les cartes et les tableaux précités, et rédigé l'*Aperçu statistique des chemins de fer et des voies navigables de la Russie,* publié en 1900 et présenté à l'Exposition.

Principaux collaborateurs : MM. Y. Borkovsky (travaux de statistique et de cartographie); V. Tomachevsky (statistique des voies navigables); G. Ierschow (statistique des chemins de fer).

ADMINISTRATION GÉNÉRALE DES PONTS ET CHAUSSÉES DE FINLANDE.

L'exposition de cette administration comprend les dessins d'un certain nombre de ponts, en général métalliques, d'une portée de 33 à 45 mètres. Ce sont ordinairement des poutres semi-paraboliques à tablier, soit inférieur, soit supérieur. Quelques ponts sortent des conditions habituelles. Le pont sur l'Aura, composé de trois travées de 34 mètres, est fondé sur des pieux, à tête noyée dans du béton, qui sont enfoncés dans de la glaise molle et mesurent jusqu'à 24 mètres de longueur. Le pont sur le Wuoksen, à Saint-Andréa, comprend deux poutres droites de 64 m. 50. Le pont sur le fleuve d'Uléa se compose d'une seule poutre semi-parabolique de 100 mètres de portée.

La Finlande possède plusieurs canaux. Le plus intéressant, le canal de Saïma, joint le fond de la baie de Vyborg au lac Saïma et à son réseau de lacs secondaires et de rivières. Il mesure 60 kilomètres de longueur et franchit, à l'aide de 28 écluses, une dénivellation de 76 mètres. Le mouillage est, suivant les canaux, de 1 m. 50 et de 2 m. 44. L'Administration expose les dessins d'une écluse en bois. Toutefois, la plupart des écluses sont en maçonnerie.

Sur les côtes, très découpées, comme celles de la Suède, sont un grand nombre de

petits ports, situés dans des anses et abrités par de petites jetées. Le principal port est Hango, à la pointe Sud-Ouest de la contrée.

La Finlande a beaucoup développé ses chemins de fer dans ces dernières années. La longueur du réseau exploité a passé de 1,826 kilomètres, au 31 décembre 1889, à 2,725 kilomètres, au 31 décembre 1899.

Direction générale du pilotage et des phares de finlande. — Il existe, sur les côtes de la Finlande, un grand nombre de phares et de fanaux (32 phares, dont 4 de premier ordre, 14 de deuxième ordre, 9 de troisième ordre et 5 d'autres catégories, plus 90 fanaux).

Les tours sont généralement en maçonnerie, parfois en métal ou en bois. Le plus intéressant de ces édifices est le phare à éclats de Bogskär, situé à l'entrée du golfe de Finlande. Il est bâti sur un îlot balayé par la mer et se compose d'une tour en tôle assise sur une base en maçonnerie. On l'a allumé en 1892.

Société des chemins de fer de wladicaucase, à pétersbourg. — Le réseau du Wladicaucase s'étend, au nord du Caucase, dans l'espace compris entre la mer Caspienne, à l'est, la mer Noire et la mer d'Azow, à l'ouest. Il joint le port de Novorossiisk, sur la mer Noire, au port de Pétrovsk, sur la mer Caspienne. La longueur du réseau exploité est de 1,996 kilomètres; celle des lignes en construction est de 632 kilomètres, dont 136 kilomètres à double voie. Parmi les dessins et les photographies d'ouvrages d'art exposés par la Société, on remarquait ceux d'un pont en maçonnerie traversant le vieux Samour et composé de 10 arches de 21 m. 34, en anse de panier, à 5 centres et à rayons décroissant des naissances au sommet, de manière à imiter le profil d'une parabole à axe vertical. Les têtes sont pourvues de cornes de vaches et les tympans sont traversés par des baies en ogive.

Collaborateur principal : M. l'ingénieur en chef M. Kerbed.

Société du chemin de fer de moscou-vindava-rybinsk. — Le réseau actuel de la Société, comprenant 730 kilomètres de voie normale et 167 kilomètres de voie étroite, s'étend de Rybinsk à Pskov, en travers de la ligne de Saint-Pétersbourg à Moscou. Ce réseau est en voie de se développer beaucoup. Une ligne directe de Moscou à Vindava est actuellement en construction, et l'on projette de la croiser par une ligne joignant directement Witebsk à Saint-Pétersbourg. L'ensemble des lignes en construction ou devant être construites mesure 1,638 kilomètres, c'est-à-dire plus du double de la longueur du réseau actuellement exploité. La ligne joignant Moscou à Vindava sera aussi le trajet le plus court entre la métropole de la Russie et les deux grands ports de Riga et de Libava. Le type de rail adopté est le même que le nouveau type du Transsibérien. C'est un rail Vignole en acier, à robuste champignon, pesant 32 kilogr. 25 par mètre courant. Parmi les ouvrages exposés par la Société, on remarque : les ateliers, très

largement installés au centre du réseau, dans la nouvelle gare de Veliki-Louki, et le vaste magasin élévateur de la gare maritime de Vindava.

Collaborateurs principaux : MM. S. Schtolzmann, ingénieur en chef, et Stezevitch, ingénieur en chef adjoint du service de la construction.

Société du chemin de fer de Moscou-Yaroslaw-Arkangel. — La longueur totale du réseau est de 1,950 kilomètres, dont 112 kilomètres à double voie. En outre, 129 kilomètres sont en construction. Ce chemin de fer est à voie étroite. Il traverse, en montant vers le nord et sur la majeure partie de son étendue, des pays perdus, marécageux et inhabités, où les travaux de construction ont été extrêmement difficiles et pénibles. Dans les parties les plus septentrionales de la Russie, on construit surtout en hiver, quand le sol est gelé. La Société expose des dessins et des photographies de ponts métalliques et de maisons d'habitation, ainsi que des vues caractéristiques prises sur le parcours de la ligne.

Société des chemins de fer du sud-est. — Les chemins de fer du Sud-Est occupent le bassin du Don. Les points extrêmes en sont : Orel et Kozlow au nord. Rostow au midi, Kharkow à l'ouest, Tzaritzine sur le Volga, au sud-est. Le développement du réseau atteint 3,839 kilomètres, dont 316 à double voie. 369 kilomètres sont en construction. Ce réseau est le plus étendu et l'un des mieux rassemblés parmi ceux qu'exploitent des sociétés particulières. En 1898, les recettes brutes se sont élevées à 92 millions de francs et les dépenses d'exploitation à 60 millions, d'où un bénéfice net de 32 millions. La Société expose de nombreux dessins représentant les objets suivants : travées métalliques de 42 m. 60, avec passage inférieur ou supérieur; travées de 64 et de 74 mètres ; hangars à blé à double étage ; réservoirs-citernes métalliques à naphte, d'une capacité de 2,000 à 2,125 tonnes ; fosses à naphte, d'une capacité de 33,000 tonnes; quais à bois; hangars et magasins à poisson, sel, vin, coton; types de maisons d'habitation pour les employés inférieurs ; poste d'ambulance de 20 lits.

Section VIII de la société impériale technique de Russie, à Pétersbourg. — La huitième section de la Société impériale technique de Russie expose diverses publications relatives aux chemins de fer :

1° Journal hebdomadaire des chemins de fer (années 1898 et 1899);

2° Travaux de la huitième section sur la question du chemin de fer transsibérien (discussion des tracés, etc.);

3° Bulletin du Congrès international des chemins de fer tenu à Saint-Pétersbourg en 1892 ;

4° Aperçu des chemins de fer russes en 1892, préparé pour le Congrès (en 3 volumes, le premier technique, le second administratif, le troisième contenant des planches) et mis à jour jusqu'en 1896, au moyen de renseignements complémentaires.

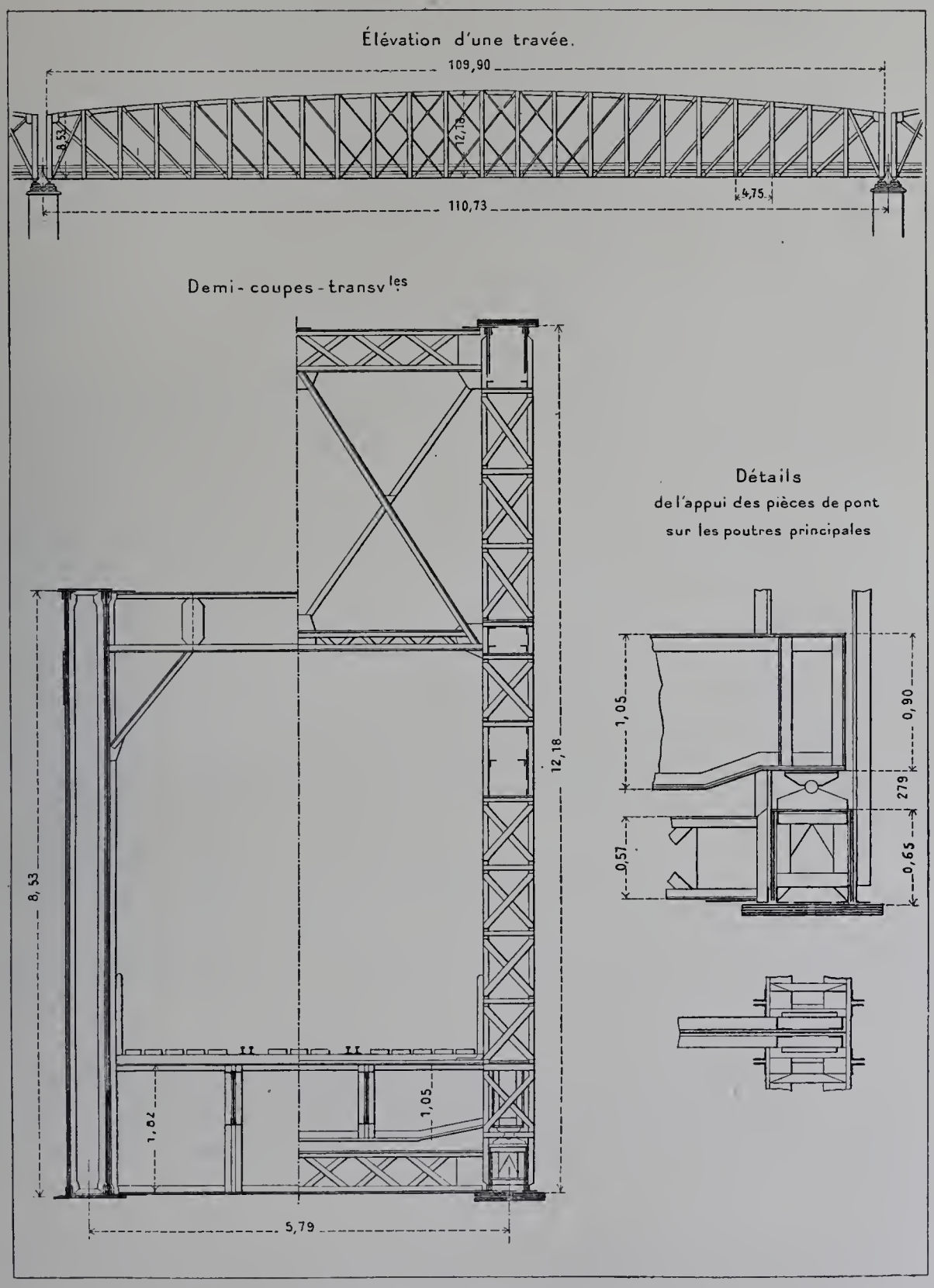


Fig. 177. — Bélélubsky. Travée de 109 m. 90.

Bélélubsky (Nicolas), à Pétersbourg. — Parmi les nombreux et importants travaux, se référant surtout aux chemins de fer, qui sont exposés par M. l'ingénieur Bélélubsky, professeur à l'Institut des voies de communication de l'empereur Alexandre Ier, ceux

qui se rapportent à la construction des ponts métalliques tiennent le premier rang. De 1869 à 1899, un grand nombre de ponts, dont plusieurs de dimensions très considérables, ont été construits sur les projets de M. Bélélubsky et en partie sous sa surveillance technique générale. Les plus notables de ces ouvrages sont :

Le **pont du Dnièpre**, près d'Ékaterinoslaw (1881-1884), de 1,242 mètres de longueur, en 15 travées indépendantes de 83 mètres, avec double passage, supérieur pour les voitures, inférieur pour la voie ferrée.

Le **pont de Belaya**, sur le chemin de fer Samara-Zlatoost, à 6 travées semi-paraboliques de 107 mètres, avec passage inférieur.

Le **pont-route de Vilia**, à Vilna. Une travée semi-parabolique de 83 mètres.

Les **quatre grands ponts**, déjà mentionnés, d'**Ichime**, **Tobol**, **Irtysch et Obi** sur le Transsibérien occidental.

Depuis une quinzaine d'années, M. Bélélubsky emploie, pour fixer les pièces de pont sur les poutres maîtresses, une disposition spéciale dont l'usage s'est vite répandu. Au lieu d'être rivées sur les maîtresses poutres, les pièces de pont s'appuient sur les semelles inférieures par l'intermédiaire de coussinets et de rotules. Un entretoisement inférieur, indépendant des pièces de pont, règne au-dessous de celles-ci. Cette disposition, qui augmente un peu le poids du métal, offre l'avantage d'épargner aux maîtresses poutres de dangereux efforts transversaux. Elle est représentée, sur la figure 177, par son application à une travée semi-parabolique de 109 m. 90 de longueur, étudiée par M. Bélélubsky pour les ponts de la Tobol, de l'Ichime et de l'Irtisch, sur le Transsibérien occidental.

Un autre travail considérable exécuté par M. Bélélubsky, de 1869 à 1881, a été la reconstruction, avec tabliers métalliques, des ponts en bois du chemin de fer Nicolas (de Saint-Pétersbourg à Moscou). La reconstruction a eu lieu sans presque interrompre la circulation et avec la sujétion d'opérer le montage et la mise en place des travées métalliques sans échafaudages spéciaux.

Raschevsky (Pierre), à Moscou. — M. l'ingénieur Raschevsky expose les travaux de reconstruction et de construction de ponceaux qu'il a exécutés sur les chemins de fer de la Vistule, sans avoir recours aux voies de détour, en se servant de poutres provisoires.

Timonoff (Vsevolod), à Pétersbourg. — M. l'ingénieur Timonoff, professeur à l'Institut des voies de communication, expose les très nombreuses publications qu'il a faites sous la forme soit de livres, soit d'articles parus dans divers périodiques russes, français, allemands ou anglais.

Parmi les plus importantes de ces publications, nous citerons les suivantes : *Études des ports en plage de sable, avec application au port de Libau ; — Développement et dispo-*

sitions des ouvrages extérieurs du port de Libau; — Étude des travaux de dragages à succion exécutés en Russie dans les ports de Libau et de Windau; dragages à succion de Dunkerque. — Théorie des suceuses; — Études sur les dragages à succion en Europe, Asie, Afrique, Amérique et Australie; — Les dragages à succion : historique, construction, exploitation; — Les cataractes du Dnièpre; — Voies navigables de la région de l'Amour; — Sur l'hydrographie de la Russie d'Asie; — Sur la méthode rationnelle de l'amélioration des fleuves; — Cours de l'assainissement des villes; — Cours de distribution d'eau et de canalisation des villes. On peut juger, par les titres qui précèdent, que l'activité pénétrante et féconde de M. Timonoff (qui s'était d'abord pratiquement exercée dans les travaux du port de Libau) s'est étendue, dans le domaine des études générales ou particulières, à une grande variété de questions d'hydraulique maritime, fluviale ou urbaine. M. Timonoff a contribué pour une part prépondérante à l'adoption en Russie des dragues suceuses, si utilement employées sur le Volga et dans les ports en plage de sable. Il a fourni des projets pour la jonction, par un canal maritime, de la Néva avec la mer Blanche, pour l'amélioration des cataractes et de l'embouchure du Dnièpre; des études pour l'amélioration de l'embouchure du Volga, pour la création du port de commerce de Vladivostok, etc.

RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE.

République Sud-Africaine, à Prétoria. — **Service des travaux publics.** — Les difficultés causées par la guerre ont malheureusement empêché le département des Travaux publics de la République Sud-Africaine de donner à son exposition l'importance qu'il se proposait de lui attribuer. Cette exposition consiste en quelques dessins, en un modèle et en plusieurs photographies représentant des édifices publics de Prétoria : Palais du Gouvernement, Palais de Justice, Caserne d'artillerie, Bureau des Postes et Télégraphes — et deux ponts — le pont sur le Vaal, à Standerton, et le pont sur le Klein Olifants Rivier, à Middelburg.

Le principal effort accompli par le Transvaal en matière de travaux publics, pendant les dix dernières années, a été la création des chemins de fer, entreprise, à partir de 1887, par la Compagnie néerlandaise des chemins de fer sud-africains, à l'aide d'un personnel technique fourni par les Pays-Bas, à la requête du Gouvernement de Prétoria. Le premier tronçon de ligne a été ouvert en juillet 1891. A la fin de 1897, la République possédait 1,150 kilomètres de voies ferrées consistant en une ligne centrale, longeant les terrains aurifères, et se raccordant aux lignes portugaises ou anglaises aboutissant aux ports de la baie de Delagoa, du Natal et de la colonie du Cap. D'autres lignes ont été concédées ensuite à d'autres compagnies. Toutes ces lignes sont à la voie de 1 m. 067, adoptée partout dans l'Afrique du Sud. Quelques-unes sont établies dans des conditions très difficiles, notamment celle de l'Est, longue de 200 kilomètres, qui, de Komatipoort, sur la frontière portugaise, à 125 mètres d'altitude, s'élève, sur le plateau du Transvaal, jusqu'à 1,800 à 2,000 mètres d'altitude, avant de parvenir à Prétoria. Une courte pente de 1/20e a dû être franchie à l'aide d'une crémaillère.

Les frais d'établissement des chemins de fer du Transvaal ont varié, selon les lignes, de 105,000 à 176,000 francs par kilomètre. Les résultats financiers de l'exploitation ont été, dès le principe, très satisfaisants. Le capital de la Compagnie étant de 29,400,000 francs et sa dette en obligations de 184,800,000 francs; les recettes brutes ont passé de 20,094,060 francs, en 1894, à 40,292,070 francs, en 1895, et à 74,634,420 francs, en 1896. En cette dernière année, il a été distribué un dividende supplémentaire de 7 1/2 p. 0/0, et la part de la République dans les bénéfices s'est élevée à 18,580,800 francs. Les renseignements qui précèdent sont fournis par le *Mémorial* de l'Institut royal des ingénieurs néerlandais, publié à l'occasion du cinquantenaire de cet Institut.

SUISSE.

Pays de hautes montagnes, abondamment pourvu de cours d'eau à chutes brusques ou à pentes rapides, alimentés par des glaciers ou par des lacs, la Suisse possède, en matière de forces hydrauliques, d'immenses ressources que l'industrie de ses habitants lui permet aujourd'hui de mettre en valeur, grâce surtout aux progrès accomplis dans les installations hydro-électriques. Elle utilise notamment ces ressources pour opérer des transports, et spécialement des transports de personnes dans les lieux les plus abrupts. Si bien que ces neiges et ces eaux écumeuses qui exercent sur les étrangers une attraction si profitable à la Suisse, sont employées elles-mêmes à faciliter leur propre visite.

La Suisse est devenue le pays, par excellence, des chemins de fer funiculaires et des chemins de fer à crémaillère. On y comptait, en 1900 : 14 funiculaires (2 hydrauliques et 12 électriques), dont le premier, celui de Lausanne à Ouchy, remonte à 1877; et 11 chemins de fer à crémaillère, dont le plus ancien, celui du Righi, fut inauguré en mai 1871. Les huit les plus récents ont été livrés à l'exploitation depuis juin 1889. Les deux derniers en date, celui du Gornergrat et la première section de celui de la Jungfrau, sont exploités électriquement. Ainsi, grâce aux progrès de la science et de l'art de l'ingénieur, la Suisse a pu sortir largement, pour ses voies de communication, des formules habituelles. Elle a pu instituer des types spéciaux, appropriés tout ensemble aux conditions particulières de sa constitution physique, de ses forces naturelles et de sa clientèle de visiteurs. Elle est d'ailleurs, pour ses routes et pour ses chemins de fer, au niveau des pays les plus avancés. Ses routes de montagne sont bien tracées et bien entretenues, et les 3,769 kilomètres de chemins de fer exploités, qu'elle possédait au 31 décembre 1899, la classent, en dépit des hautes montagnes entassées sur son territoire, parmi les États les mieux partagés en voies ferrées, tant par rapport à l'étendue superficielle (9 kilom. 1 par myriamètre carré) que par rapport au chiffre de la population (12 kilom. 4 par 10,000 habitants).

Percement du Simplon. — (*Exposition collective de la Société des chemins de fer Jura-Simplon, à Berne, et de la maison Sulzer frères, à Winterthur et à Berne.*) — De nombreux projets comportant : soit des tunnels de base d'au moins 16 kilomètres; soit des tunnels de faîte, avec déclivités très prononcées; soit des tunnels intermédiaires, ont été présentés, à partir de 1857, pour le percement du Simplon. C'est à la suite d'études approfondies que le projet en cours d'exécution a été adopté par la Compagnie Jura-Simplon (27 mai 1898) et approuvé par le Conseil fédéral (11 août 1898). Ce projet est celui de la *Société d'entreprise du tunnel du Simplon,* composée des maisons : A. Brandt et Brandau, de Hambourg; Sulzer frères, de Winterthur; Locher et Cie, de

Zurich, et de la banque de Winterthur. L'entreprise, qui compte parmi ses chefs des ingénieurs universellement réputés pour leur compétence et leurs travaux, a traité à forfait avec la Compagnie Jura-Simplon. Elle s'engage à livrer, complètement terminés, cinq ans et neuf mois après la remise des terrains, le premier tunnel et la galerie du second tunnel, avec prime de 5,000 francs par jour d'avance et retenue égale par jour de retard. La remise ayant eu lieu le 13 août 1898, le délai d'achèvement expire le 13 mai 1904. Le montant du forfait est établi comme il suit :

Pour toutes les installations	7,000,000 francs.
Pour le premier tunnel et la galerie du deuxième	47,500,000
Pour l'achèvement du 2e tunnel (quatre ans après l'ordre d'exécution donné par la Compagnie)	15,000,000
TOTAL	69,500,000

Les achats de terrains et la superstructure ne sont pas compris dans le forfait.

Le tunnel traverse le massif du Monte Leone entre Brigue, au Nord, et Isella, au Sud. Sa longueur est de 19,770 mètres, dont 19,321 m. 80 en alignement droit, avec une courbe de 330 mètres de rayon sur 140 mètres, à la tête Nord; et, à la tête Sud, une courbe de 400 mètres de rayon sur 185 m. 50 de longueur, suivie d'un alignement droit de 122 m. 70. Le grand alignement droit est prolongé sur les deux têtes par des galeries de direction, en dehors desquelles sont disposés des points de mire, dont les alignements, géodésiquement rattachés l'un à l'autre, fixent la direction du tunnel à moins d'une seconde près. Les vérifications d'axe se font trois à quatre fois par an à chaque tête. De la tête Nord, qui est à la cote 685 m. 85 (base des rails), le souterrain s'élève, par une rampe de 0 m. 002, sur 9,184 mètres, reste en palier sur 500 mètres, à la cote 704 m. 10, et descend à la tête Sud, à la cote 633 m. 75, par une pente de 0 m. 007, sur 10,086 mètres.

Le tunnel du Simplon, mesurant 19,770 mètres, dépasse de beaucoup en longueur les autres tunnels des Alpes, qui mesurent : celui du Saint-Gothard, 14,984 mètres; celui du mont Cenis, 12,849 mètres, et celui de l'Arlberg, 10,240 mètres.

Cette augmentation de la longueur accroît notablement les difficultés de l'exécution. Pour conduire rapidement un travail aussi ardu, on a eu recours à un nouveau système de construction, comportant le forage de deux galeries parallèles à simple voie, construites à 17 mètres d'écartement d'axe en axe. L'une, la galerie I, reçoit de suite la section normale; l'autre, la galerie II, établie d'abord avec une section restreinte, fonctionne comme galerie auxiliaire, pour faciliter la ventilation, l'approche des matériaux et l'enlèvement des déblais. Elle recevra plus tard la section normale, si le développement du trafic l'exige. La section normale mesure 5 mètres de largeur maxima sur 5 m. 50 de hauteur entre le dessous des rails et le sommet de l'intrados. Elle est taillée à vif dans le roc ou enveloppée d'un revêtement en maçonnerie, d'une épaisseur de 0 m. 35 à 0 m. 60, pour la voûte, et de 0 m. 40 à 0 m. 80 pour les pieds-droits, selon le plus ou moins de résistance du rocher (fig. 178). Sur la longueur du palier de

500 mètres, situé au point culminant, la section s'élargit de manière à comprendre une double voie, permettant à deux trains de se croiser. Des niches, dont quelques-unes plus spacieuses pour recevoir les signaux et contenir les outils de l'entretien, sont ménagées sur la longueur du tunnel.

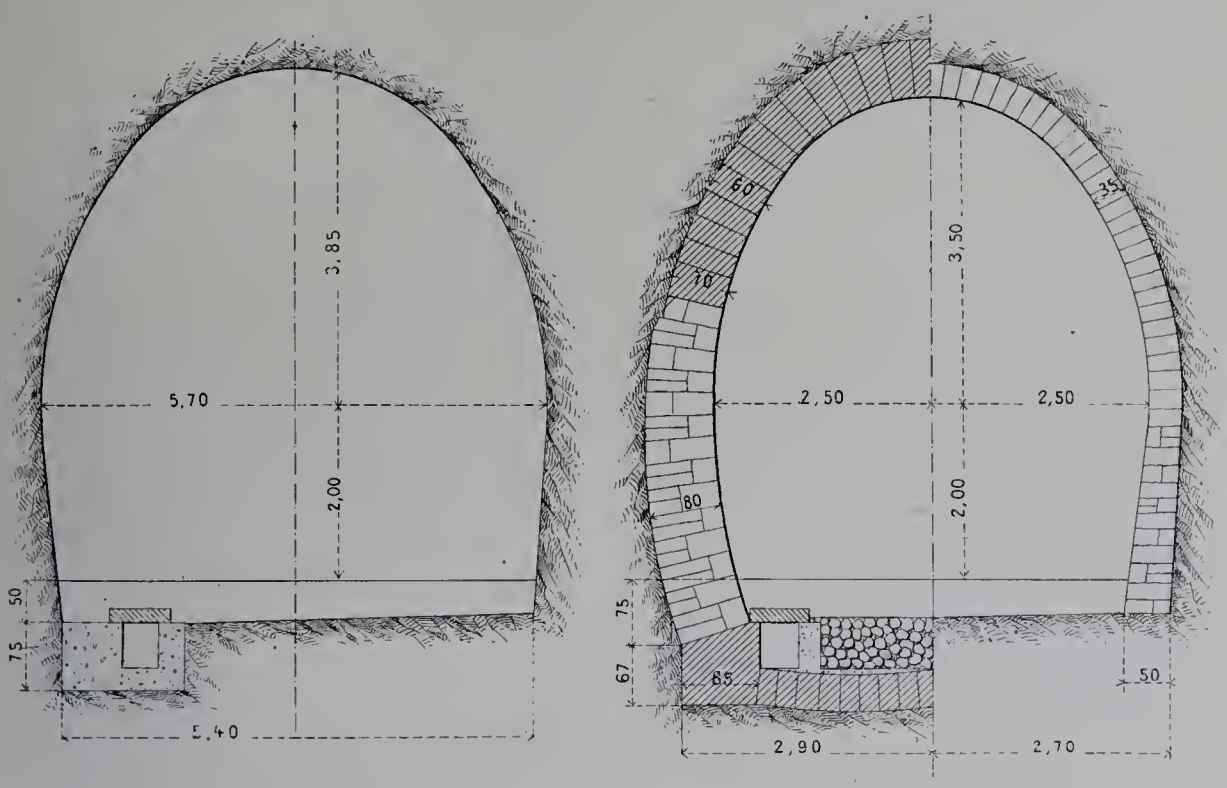


Fig. 178. — Percement du Simplon. Tunnel.

La galerie II (fig. 179), ouverte avec 3 m. 20 de largeur sur 2 m. 50 de hauteur, revêtue s'il en est besoin, est reliée tous les 200 mètres au tunnel I par des galeries transversales. Elle est employée à introduire l'air frais pour la ventilation, à amener les wagons vides ou chargés de matériaux de construction et à écouler par une rigole les eaux de filtration et de service. Les wagons, chargés de déblais, sortent par la galerie I. L'apport des matériaux et l'extraction des déblais se font ainsi suivant deux courants distincts et continus.

Il en est de même pour la ventilation. Des portes mobiles ferment l'entrée du tunnel II ainsi que les galeries transversales, à la réserve de celles qui sont le plus rapprochées du front d'attaque. Deux puissants ventilateurs, pouvant donner ensemble 50 mètres cubes d'air par seconde, refoulent l'air frais dans le tunnel II, jusqu'à son extrémité, d'où cet air, gagnant l'extrémité du tunnel I par les galeries transversales laissées ouvertes, ressort par la tête de ce tunnel en ventilant les chantiers échelonnés sur son parcours. Les appareils de ventilation sont accouplés avec des turbines mues par de puissantes chutes d'eau pouvant fournir, à chaque tête, une force d'au moins 800 chevaux. Ils serviront plus tard à ventiler le tunnel en cours d'exploitation. A cet effet, le souterrain sera fermé, pendant le passage d'un train, par une herse, composée

IMPRIMERIE NATIONALE.

d'un cadre métallique portant une toile, de manière que l'air insufflé soit forcé de parcourir le tunnel. Si l'on oubliait de lever la herse, le train suivant traverserait la toile.

En même temps qu'on ventile le tunnel en construction, on en rafraîchit les parois pour empêcher la température de s'y élever outre mesure. On estime que, dans la région centrale du souterrain, la température du sol pourra atteindre 40 degrés, et l'on compte obtenir partout un rafraîchissement suffisant en combinant l'effet de la ventilation avec celui de l'eau froide, amenée par des conduites et pulvérisée sous une haute pression.

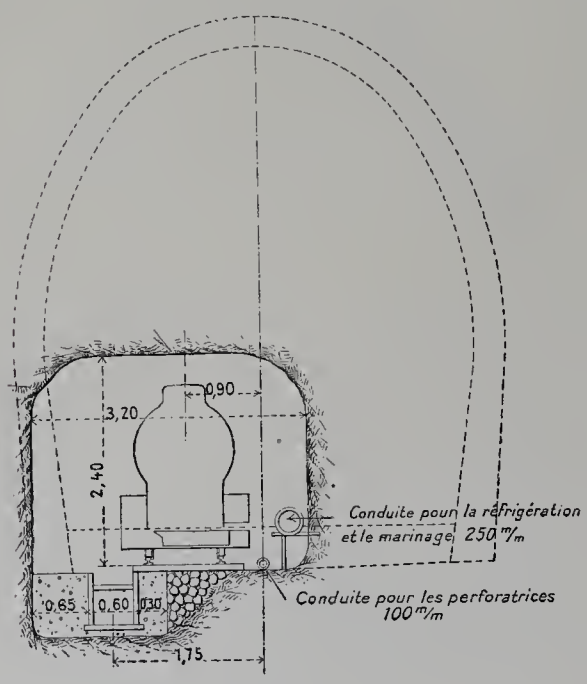


Fig. 179. — Percement du Simplon.
Galerie auxiliaire.

Sur chaque tête du souterrain, les galeries I et II sont creusées simultanément au moyen de perforatrices hydrauliques à rotation, du système Brandt, construites par la maison Sulzer frères, de Winterthur; un spécimen de ces appareils figurait à l'Exposition. Trois perforatrices, montées sur un bâti roulant sur des rails, sont installées devant le front d'attaque, au fond de la galerie d'avancement. Elles font de 6 à 11 trous de mine de 0 m. 08 de diamètre et de 1 m. 50 à 2 mètres de profondeur, que l'on charge chacun de 2 à 4 kilogrammes de dynamite, et que l'on fait sauter en commençant par ceux du centre, après avoir fait reculer d'abord les perforatrices de 100 à 150 mètres. A l'exécution de la galerie d'avancement située à la base du tunnel, succèdent celles de la galerie de faîte, de son élargissement, de l'abatage en pleine section et, s'il y a lieu, des maçonneries de revêtement.

A la fin de décembre 1900, les longueurs ouvertes jusqu'au fond des galeries d'avancement étaient :

Du côté Brigue	4,119 mètres.
Du côté Isella	3,148
TOTAL	7,267

L'avancement des travaux est de 4 à 6 mètres par jour. Il s'effectue dans les conditions prévues pour obtenir l'achèvement du tunnel dans le délai prescrit.

Collaborateur principal : M. F. HUBER, ingénieur des travaux.

Compagnie du chemin de fer de la Jungfrau. — Le projet en construction est de M. Guyer-Zeller, de Zurich. Les projets antérieurs, au nombre de trois (Kœchlin, Trautweiler et Locher) admettaient des rampes extrêmement fortes. M. Guyer-Zeller a pu mettre à profit le chemin de fer de Lauterbrunnen à Grindelwald, ouvert en 1893. Le tracé part de la station de la Petite-Scheidegg (2,064 mètres d'altitude) située à plus de 1,100 mètres au-dessus de Lauterbrunnen. De la Petite-Scheidegg au sommet de la Jungfrau, il ne reste plus à gravir que 2,102 mètres (4,166 m. — 2,064 m.).

Le tracé, au lieu de monter directement à la Jungfrau, contourne la montagne, de manière à offrir un développement de 12,443 mètres et un maximum de 25 p. 100 pour les déclivités. Cinq stations partagent le parcours en six sections. La première, de 2,015 mètres de longueur, entièrement à l'air libre, se termine à la station d'Eigergletscher, à 434 mètres de laquelle commence le tunnel continu aboutissant au sommet. Les autres stations intermédiaires sont celles de Rothstock (2,523 mètres), d'où un escalier taillé dans le roc conduit au sommet du Rothstock (2,670 mètres) ; de l'Eigerwand (2,788 mètres) ; de l'Eismeer (3,153 mètres), donnant le panorama de la vallée du Rhône, et de Jungfraujoch (3,378 mètres), col de la Jungfrau, d'où, grâce à une galerie percée dans le rocher, on aura la vue des deux côtés de la montagne. Entre ces deux dernières stations existe une contre-pente, et le maximum de la déclivité est seulement de 6,5 p. 100. Du col de la Jungfrau à la station terminale, sur environ 3 kilomètres, il y a une rampe de 25 p. 100. De la station terminale, on gagnera le sommet, Jungfraukulm, situé à 73 mètres plus haut (4,166 mètres) au moyen d'un ascenseur logé dans un puits vertical.

Le tunnel, d'une longueur totale d'environ 10 kilomètres, mesure 3 m. 60 de largeur et 4 m. 25 de hauteur sous clef. On pourra se dispenser en général, vu la consistance des roches, d'en revêtir les parois. On commence l'attaque par la partie supérieure, avec deux perforatrices à rotation d'OErlichon, mues électriquement. En arrière du front d'attaque, un second chantier creuse, par le même procédé, la partie inférieure du souterrain. Les déblais, glissant sur des plates-formes en bois, tombent dans des wagonnets qui les évacuent sur le flanc de la montagne au moyen de galeries transversales d'aération et d'évacuation, établies aux points les plus favorables.

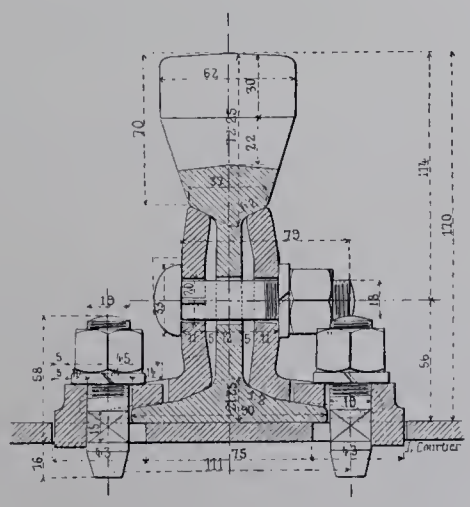


Fig. 180. — Profil du rail crémaillère.

Les travaux se poursuivent par avancement continu depuis l'origine jusqu'à l'extrémité. Ils s'exécutent nuit et jour, hiver comme été. La ligne est ouverte dès à présent jusqu'à la station de Rothstock.

On a adopté la voie à l'écartement intérieur de 1 mètre, avec deux rails de roulement et un rail central à crémaillère. Rails et traverses sont en acier. Les rails, du

type à patin, mesurant 10 m. 50 de longueur, 0 m. 10 de hauteur et pesant 20,6 kilogrammes par mètre, sont posés chacun sur 12 traverses métalliques de section trapézoïdale, ayant 1 m. 80 de longueur et pesant 37 kilogrammes. La crémaillère, du système Strub, consiste en un rail à patin, dans la tête tronconique duquel sont découpées les dents de la crémaillère. Elle pèse 34 kilogrammes par mètre courant. La superstructure complète pèse 125 kilogrammes par mètre.

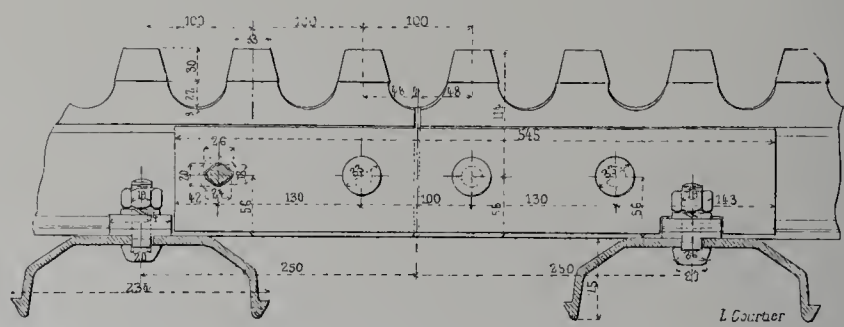


Fig. 181. — Éclissage de la crémaillère.

La traction se fait électriquement. La force motrice est fournie par l'usine hydro-électrique de Lauterbrunnen, d'une force d'au moins 2,000 chevaux. Une voie de garage à mi-parcours permettra aux trains de se croiser. Chaque train, composé d'une locomotive et de deux voitures, armées de plusieurs freins, pèse 26 tonnes et peut transporter 80 voyageurs.

Les dépenses sont évaluées à 5,166,000 francs pour l'infrastructure et à 2,355,000 francs pour la superstructure, soit en tout à 7,471,000 francs.

Les recettes sont estimées ainsi qu'il suit :

10,000 personnes transportées à la station Eiger et retour, à 25 francs .	250,000 francs.
7,000 personnes transportées au sommet et retour, à 40 francs.	280,000
Total pour la recette brute.	530,000
d'où il faut déduire pour frais d'exploitation	142,500
Reste pour la recette nette	387,500

Aux termes de l'arrêté de concession, du 21 décembre 1894, les travaux doivent être achevés et la ligne doit être livrée à l'exploitation cinq ans et demi après l'approbation des plans. On espère terminer en 1904.

Collaborateurs : M. le professeur Becker, auteur du plan en relief; M. l'ingénieur Gobat, auteur des plans; M. le docteur Wrubel, auteur de la notice.

Compagnie du chemin de fer Yverdon-Sainte-Croix, à Yverdon. — Il s'agit d'un petit chemin de fer à voie unique de 1 mètre, mesurant 24,390 mètres de longueur et franchissant une dénivellation de 631 mètres (1,069 mètres — 438 mètres) avec des déclivités de 0 m. 044 tout au plus. Le profil en long lèche le terrain, pour ainsi dire, et la dépense kilométrique est seulement de 116,259 francs.

Froté et Westermann, à Zurich. — *Plans de l'usine hydro-électrique de Brusio (Grisons); Modèle d'une prise d'eau sur l'Albula (Grisons).*

Usine hydro-électrique de Brusio. — Du lac de Poschiavo (20 hectares de superficie), alimenté par le Poschiavino (débit minimum de 3,2 mètres cubes par seconde) et utilisé comme réservoir, part une conduite en ciment armé de 5,600 mètres, composée de deux tuyaux pouvant débiter ensemble 12,30 mètres cubes par seconde. Ils aboutissent à une tour d'où partent les conduites forcées en acier, débitant chacune 2,23 mètres cubes par seconde, avec une chute de 420 mètres. A chaque conduite forcée correspondent trois turbines actionnant les dynamos et donnant ensemble 9,000 chevaux de force. Le débit minimum de 3,2 mètres cubes par seconde peut être doublé par l'effet du réservoir. Avec un débit moyen de 6,4 mètres cubes, on obtiendrait une force de 27,000 chevaux, mais comme la force électrique n'est utilisée que pendant dix à douze heures de travail, on peut dépenser toute l'eau pendant ce délai et marcher à 54.000 chevaux.

Cette force motrice sera employée : 1° pour la traction électrique du chemin de fer de la Bernina, en construction entre Samaden et Tirano, sur une longueur de 60,200 mètres; 2° pour la traction électrique du chemin de fer à voie normale de Sondrio à Tirano; 3° pour la livraison de force et de lumière aux industries et aux localités du voisinage.

Le chemin de fer de la Bernina, construit à forfait, au prix de 6,500,000 francs, doit être livré au printemps de 1903. Les travaux et les installations de l'usine sont estimés 8 millions.

Prise d'eau sur l'Albula. — Les eaux de l'Albula, retenues par un barrage en maçonnerie de 50 mètres d'élévation, bouchant une crevasse de 15 mètres de largeur, donneront lieu à une chute de 120 mètres, pouvant actionner avec le débit moyen de 10 mètres cubes, quatre turbines avec dynamos d'une puissance totale de 12,000 chevaux qui serait portée au double, c'est-à-dire à 24,000 chevaux, par l'emploi de huit turbines travaillant pendant la moitié de la journée. Comme à Brusio, il y aura un canal d'amenée prenant l'eau dans le réservoir et la conduisant à une tour, d'où partiront les conduites forcées actionnant les turbines.

La force sera employée : à exploiter une section du chemin de fer rhétique; à exploiter des minerais de fer et de manganèse; à être distribuée en force ou en lumière dans les localités des environs.

Gouvernement du canton des Grisons, à Coire. — Le Gouvernement du canton des Grisons expose sous forme de cartes et de tableaux les voies de communication, routes et chemins de fer, existant sur son territoire. Plusieurs routes traversent les Alpes en passant par les cols du San-Bernardino (2,067 mètres), du Splugen (2,117 mètres), de l'Albula (2,313 mètres), du Julier (2,287 mètres), du Bernina (2,329 mètres), du Ofen (2,143 mètres), de l'Umbrail (2,700 mètres), du Fluela (2.392 mètres);

de l'Oberalp (2,052 mètres), et du Lukmanier (1,916 mètres). Environ 1,000 kilomètres de routes, ayant coûté au moins 18 millions de francs, ont été construites pendant le XIXe siècle. Leur entretien annuel revient au moins à 4 fr. 50 par tête d'habitant.

On s'est mis, depuis dix ans, à construire des chemins de fer de montagne. La ligne de Lanquart à Davos, longue de 50 kilomètres, franchit une dénivellation d'un millier de mètres. C'est un chemin de fer à adhérence. Le maximum des rampes est de 4,5 p. 100. La continuation de la ligne de Coire à Thusis est en cours d'exécution, grâce à une subvention de 8 millions, fournie par la Confédération. On construit la ligne de Reichenau à Ilanz, chef-lieu de l'Oberland. Cette ligne, de 20 kilomètres, estimée 4,800,000 francs, sera terminée en 1903. Une autre ligne en construction, longue de 63 kilomètres et estimée 21,300,000 francs, reliera la vallée du Rhin avec celle de l'Inn, en Engadine. Elle est à voie étroite, comme les précédentes, avec des déclivités d'au plus 3.5 p. 100. Partant de Thusis elle traversera, à 1,793 mètres d'altitude, le massif de l'Albula, par un tunnel de 5,860 mètres, et se terminera à Saint-Maurice, dans l'Engadine, à la hauteur de 1,800 mètres. Ce chemin de fer passe dans des gorges extrêmement escarpées au moyen de lacets et de circuits complets, qui font ressembler certaines parties de son tracé à des nœuds très compliqués. Il sera l'un des plus intéressants de la Suisse, tant par la hardiesse de la construction que par la beauté du paysage.

DEUXIÈME PARTIE.

TRAVAUX D'ÉDILITÉ.

Les progrès essentiels accomplis depuis l'Exposition de 1889 dans l'aménagement des villes, peuvent se résumer de la manière suivante :

Généralisation de l'emploi des pavages en bois ;

Extension du système d'assainissement dit *le tout à l'égout ;*

Extension du mode d'épuration agricole des eaux d'égout ;

Introduction d'appareils permettant d'établir les canalisations souterraines sans interruption de la circulation ;

Application de plus en plus courante de l'éclairage électrique ;

Circulation intérieure assurée par un système de tramways de plus en plus perfectionné, où l'électricité intervient comme force motrice ;

Transformation en électricité de la puissance mécanique développée par des chutes d'eau lointaines et jusque-là inutilisées : progrès capital qui, permettant de distribuer la force motrice à domicile, tend à substituer le travail domestique au régime des grandes usines.

Nous passerons en revue ces divers perfectionnements, en commençant par les travaux dont les exposants sont les municipalités elles-mêmes.

FRANCE.

I

EXPOSITIONS DES MUNICIPALITÉS.

Ville de Paris. — La ville de Paris présente l'ensemble de son système d'alimentation en eau, ses travaux d'assainissement, de voirie et d'éclairage.

1° Service des eaux et de l'assainissement. — a. *Adduction et distribution des eaux.* — La ville de Paris, dont la population dépasse 2 millions et demi d'habitants, consomme journellement environ 800,000 mètres cubes d'eau, dont une moitié affectée aux usages domestiques, l'autre moitié aux services publics et industriels.

Les eaux destinées aux usages domestiques, sont des eaux de sources amenées par 7 grandes dérivations ; les autres, empruntées surtout à la Seine et à la Marne, sont

fournies par 25 usines élévatoires, représentant une puissance de plus de 6,000 chevaux.

18 réservoirs, donnant une capacité supérieure à 700,000 mètres cubes, emmagasinent les eaux.

A chacun des deux services répond un réseau de distribution nettement distinct; l'ensemble des deux réseaux constitue une canalisation de près de 2,600 kilomètres.

L'eau atteint aux plus hauts étages des habitations; et toute la canalisation se compose de circuits fermés, permettant de faire l'alimentation des deux côtés et de restreindre les interruptions aux limites du possible. Un réseau électrique et téléphonique met en relation toutes les parties du service.

b. *Évacuation des eaux.* — L'évacuation des eaux usées s'opère à l'aide d'un réseau d'égouts unique, d'un développement de 1,100 kilomètres, dont toutes les parties sont accessibles. Les collecteurs, dont la longueur est de 66 kilomètres, présentent des ouvertures qui atteignent 6 mètres; le profil courant des égouts offre une ouverture de 1 m. 40 sur 2 m. 30 de hauteur, avec une pente variable de 0 m. 50 à 1 m. 50 par kilomètre. Tous sont en maçonnerie, et l'épaisseur de leurs parois est quelquefois réduite à 0 m. 20. Leur section a permis d'y loger non seulement les conduites de la double distribution des eaux, mais encore celles des communications télégraphiques et postales.

Le nettoyage se fait par des chasses auxquelles sont affectés 3,200 réservoirs spéciaux; par des bateaux-vannes; dans les parties en siphon, à l'aide de boules; et, dans les petites galeries, au rabot.

c. *Épuration agricole des eaux.* — Le système du *tout à l'égout,* admis en principe, reçoit de jour en jour une plus grande extension; et les eaux d'égout, au lieu d'être jetées directement à la Seine, sont amenées, par un émissaire et des conduites capables d'écouler un million de mètres cubes par jour, et à l'aide de machines élévatoires d'une puissance totale de 5,000 chevaux, à des champs d'épuration représentant une surface de plus de 1,600 hectares.

Les travaux principaux exécutés depuis l'Exposition de 1889 se résument comme il suit :

1° Pour le complément de l'alimentation du service privé :

Les dérivations de l'Avre, du Loing et du Lunain, qui ont accru de 150,000 mètres cubes l'approvisionnement journalier en eau de source;

La création de bassins filtrants à Saint-Maur et à Ivry, qui permettent de fournir par jour un appoint de 65,000 mètres cubes d'eau salubre, et de supprimer définitivement tout appoint, même temporaire, d'eau de rivière brute dans le service privé.

2° Pour l'épuration agricole des eaux d'égout, la Ville a construit :

Un émissaire général de Clichy à Triel;

Des usines élévatoires à Clichy, Colombes et Pierrelaye;

Elle a établi le parc agricole d'Achères, aménagé les domaines municipaux de Fonceaux, de Méry et des Grésillons, distribué les eaux d'égout sur les territoires de Pierrelaye, Herblay, Méry, Carrières-sous-Poissy, Triel, Achères, etc.

La surface irrigable est de plus de 6,000 hectares, dont la ville possède 1,600; l'irrigation se fait à raison de 40,000 mètres cubes par hectare et par an; et le résultat, au point de vue de la salubrité, a été tellement complet que les eaux rendues à la Seine peuvent être considérées comme redevenues potables.

Un des faits qui rendent palpables le progrès résultant de l'extension du réseau des égouts, c'est la suppression de la voirie de Bondy.

Au point de vue des procédés techniques, le progrès accompli depuis la dernière exposition est marqué particulièrement par deux faits essentiels :

L'emploi du *bouclier* pour établir, sans gêner la circulation, les canalisations souterraines;

L'introduction, dans les canalisations d'eau, des tuyaux en ciment armé et en fonte frettée.

Les premières applications faites en France du creusement des galeries à l'air comprimé à l'aide du bouclier ont eu lieu en 1892, sous la direction des ingénieurs du Service municipal, par M. Berlier, au siphon de Clichy. Alors la section était circulaire, et le revêtement s'exécutait au moyen d'anneaux en fonte.

Aux anneaux en fonte, on substitua lors de la construction du souterrain de Mirecourt, les revêtements en tôle et en ciment.

Puis, M. Chagnaud, entrepreneur, modifia le procédé de façon à l'adapter à des profils non circulaires et à des revêtements de maçonnerie (collecteur de Clichy). C'est le procédé ainsi perfectionné qui a été appliqué au prolongement de la ligne d'Orléans, le long du quai d'Orsay.

Quant aux tuyaux en ciment armé, ils ont été appliqués à l'émissaire général des égouts et aux canalisations d'épandage, sur un développement de 200 kilomètres, avec des diamètres variables de 0 m. 30 à 1 m. 80, et des pressions de 20 à 35 mètres.

Pour caractériser ces améliorations, la ville de Paris expose :

Des échantillons comparés des eaux de rivière et des eaux des principales sources qu'elle leur a substituées;

Des tuyaux en ciment armé; et en tubes de fonte, frettés par des anneaux de fil d'acier qui limitent les fentes, et réunis par des joints flexibles en caoutchouc;

Des tuyaux en tôle d'acier rivée, qui permettent de donner plus de longueur aux tronçons;

Des modèles représentant le captage des nouvelles sources; les réservoirs; les siphons, entre autres celui de Clichy, dont la section est de 2 m. 30;

Le pont d'Argenteuil, franchissant la Seine à l'aide de trois arches en acier qui portent quatre conduites de 1 mètre;

La galerie de refoulement d'Argenteuil, de 5 m. 16 d'ouverture, en ciment armé;

Les arcades de la Frette;

Le siphon d'Herblay, composé de deux tubes en tôle de fer de 1 mètre, amenés par flottage et posés en trois jours;

Le siphon de Chennevières, en ciment armé, sans revêtements, d'un diamètre de 2 mètres, supportant une pression de 13 mètres;

Le siphon de l'Oise, de même diamètre, exécuté à l'air comprimé avec bouclier, et revêtu de tôle et béton;

Le siphon de Mirecourt, en fonte frettée à froid au moyen de fils d'acier tendus;

Le souterrain d'Hautie, long de 5 kilomètres, large de 3 mètres;

Trois usines élévatoires installées à Clichy, Colombes et Pierrelaye :

L'usine de Clichy comprend 4 machines horizontales et 2 machines verticales avec pompes centrifuges; un bassin de dégrossissage; des grilles de nettoyage à râteaux automatiques, et une drague à mâchoires.

L'usine de Colombes comprend 12 machines horizontales avec pompes doubles à piston plongeur, et des dragues à mâchoires mues par l'électricité.

L'usine de Pierrelaye présente 3 machines élévatoires, avec alimentation et condensation par l'eau d'égout.

Le système d'épuration et d'utilisation agricole des eaux d'égout est représenté par un panorama de la plaine de Gennevilliers, des modèles des canalisations, bouches automatiques de dégagement des gaz, tours régulatrices de pression, drains, chemins de fer agricoles.

Pour caractériser les améliorations du système des égouts, la ville de Paris expose :

Les siphons de l'île Saint-Louis, de la Cité, de la Concorde;

Le mode de construction du collecteur général de Clichy, de 6 mètres d'ouverture, avec revêtement de maçonnerie. Ce collecteur a été creusé sans interruption de la circulation, à l'aide d'un bouclier appliqué, soit à la voûte seule, soit à la section complète;

Les usines pour l'élévation des eaux d'égout;

Les dragues à sable mues par l'eau de la distribution;

Une grue mobile à vapeur.

Enfin, comme spécimen des travaux de transformation du canal Saint-Denis, une écluse de 9 m. 92 de chute, à deux sas, exécutée en remplacement d'un groupe de 4 écluses; et une bâche-batardeau permettant la réparation des berges sans interrompre la navigation.

Les travaux du service des eaux et égouts ont été exécutés sous la direction de M. Bechmann, chef du service, et de MM. les ingénieurs en chef Bienvenüe et Launay.

M. Launay a été chargé de la plupart des canalisations souterraines avec emploi du bouclier. La transformation du canal Saint-Denis a été dirigée par M. l'inspecteur général Humblot.

2° Service de la voie publique et de l'éclairage. — La grande amélioration accomplie, depuis 1889, dans le Service de la voie publique, a consisté dans la généralisation du pavage en bois.

La ville de Paris expose l'installation de l'usine municipale fondée en 1886; une collection de billes et madriers des divers bois expérimentés pour les pavages (teck, liem, karri, bois de fer, hêtre, chêne, pitchpin, pin gemmé et non gemmé, sapin);

Des collections de pavés avec ou sans créosotage;

Des collections comparatives de pavés à différents degrés d'usure;

La vue des ateliers de fabrication;

Et la statistique des pavages en bois, dont l'augmentation, depuis 1872, correspond à une moyenne de 76,500 mètres carrés par an.

Actuellement la voirie municipale comprend : 1,326,700 mètres carrés de pavages en bois; 392,600 mètres carrés d'asphalte; 1,325,100 mètres carrés d'empierrement; 5,918,800 mètres carrés de pavages.

Pour apprécier la qualité des matériaux des chaussées et, en général, des matériaux de construction qu'elle met en œuvre, la Ville possède un laboratoire d'essais, dont elle expose les aménagements. Elle présente une collection des principaux matériaux d'empierrement et de roches asphaltiques et bitumeuses, et les appareils qui permettent de déterminer les coefficients d'usure des matériaux de pavage et d'empierrement.

Elle donne les comptes rendus du service du cylindrage à vapeur et les types des machines employées à ce service; les outils : outils de paveurs, brouettes, tombereaux, tonnes d'arrosement, balayeuses.

Enfin elle expose deux ponts municipaux : le pont métallique de la rue de Tolbiac, pont biais du système cantilever; et le pont J.-F. Lépine, traversant en une travée de 43 m. 50 la tranchée du chemin de fer du Nord, et lancé sans interruption du service.

Le service de l'éclairage est représenté par les appareils servant à mesurer les pouvoirs éclairants du gaz, les graphiques des essais, les types des compteurs et indicateurs de pression; les divers modèles de brûleurs, les périmètres desservis par les diverses usines, et les graphiques de consommation.

Les documents relatifs à l'éclairage électrique sont :

Les installations de l'usine des Halles; des modèles de voltmètres, ampère-mètres, appareils-enregistreurs, interrupteurs de sûreté; le plan de la canalisation du secteur municipal; les types anciens et nouveaux de canalisation à haute et à basse pression, postes de transformation et graphiques statistiques.

Les travaux de la voie publique et de l'éclairage ont été exécutés par M. l'inspecteur général Boreux, avec le concours de M. l'ingénieur en chef Tur pour la voirie, et de M. l'ingénieur Lauriol pour l'éclairage.

Ville de Dijon. — La ville de Dijon expose un plan représentant l'état actuel de ses voies publiques et de ses travaux d'alimentation en eau et d'assainissement. Ce plan est accompagné d'un tracé des canalisations, de modèles en relief des types des égouts et collecteurs, avec un mémoire explicatif de M. l'ingénieur en chef Mocquery, et une notice de M. Goizet, voyer de la ville, sur les progrès réalisés pendant le siècle.

Ville de Pau. — La ville de Pau expose les améliorations récentes apportées surtout dans son alimentation en eau et ses égouts.

L'eau est amenée de l'OEil-du-Néez, par une conduite libre de 22,376 mètres, à un réservoir d'une capacité de 1,827 mètres cubes, et distribuée par des conduites forcées en fonte d'une longueur totale de 45,291 mètres, assurant par habitant plus de 260 litres par jour.

Les égouts forment un réseau de 25,564 mètres.

Le système du *tout à l'égout* est admis d'une manière générale. Les eaux sont jetées dans le Gave, dont le régime torrentiel assure l'oxydation rapide des matières infectieuses.

Les progrès accomplis dans la voirie consistent surtout dans l'empierrement des rues autrefois pavées en galets, et l'établissement d'un réseau de tramways urbains et ruraux dont le développement est de 120 kilomètres.

Des parcs ont été créés, ainsi qu'un palais d'hiver, un hospice pour les maladies contagieuses, un laboratoire de bactériologie.

L'exposition de la ville comprend :

Deux plans au 1/2,000 figurant, l'un les dispositifs d'alimentation hydraulique, l'autre, les égouts et les tramways;

Une élévation au 1/20 du viaduc du boulevard des Pyrénées;

Une élévation du Palais d'hiver.

Un plan relief de la ville.

II

EXPOSITIONS INDIVIDUELLES OU COLLECTIVES.

Les exposants dont les travaux vont être passés en revue ont, pour la plupart, concouru aux constructions de l'Exposition. Nous n'analyserons ici que les entreprises intéressant l'édilité proprement dite, réservant pour un chapitre spécial leur participation à l'Exposition universelle.

Bardoux et Blavette. — Comme travaux d'édilité, MM. Bardoux et Blavette présentent les charpentes et la machinerie de l'Opéra-Comique. La salle, de 18 mètres de diamètre, est couverte par un plafond à ossature métallique disposée pour recevoir une couronne de lampes électriques. Les pannes du comble de la scène ont été mises en place à 33 mètres de hauteur sans échafaudage intermédiaire par le seul moyen de chèvres. L'importance de l'entreprise est de 730,000 francs.

Baudet, Donon et Cie. — Les travaux d'édilité exposés par MM. Baudet et Donon comprennent :

Les abattoirs de la rive gauche de Paris;

Le clocher sans échafaudage de la basilique de Domremy;

Des constructions à l'annexe Ventadour de la Banque de France;

Des travaux de canalisation souterraine exécutés à l'aide de boucliers métalliques.

Bergès. — M. Bergès expose les travaux exécutés par lui pour l'utilisation électrique de deux ruisseaux de montagne alimentés par des glaciers.

Ces ruisseaux, situés au voisinage de Grenoble, parcouraient les vallons de Lancey et de Saint-Mury. Captés à des cotes voisines de 750 mètres, ils sont amenés en conduite forcée à l'usine de Lancey, située à la cote 260. La chute est ainsi en chiffre rond de 500 mètres; et le débit total varie de 500 à 1,000 litres par seconde.

Le travail de cette chute, actionnant des turbines, est transformé en électricité et alimente, indépendamment de quelques usines secondaires :

Une papeterie donnant chaque jour 20 tonnes de papier;

Les tramways électriques de Chapareillan et de la Chartreuse;

L'éclairage électrique de toute la vallée du Grésivaudan;

Soit en tout une production ininterrompue de 3,000 à 4,000 chevaux de force.

L'adduction se fait par des tuyaux de tôle goudronnée.

M. Bergès présente les vues photographiques des usines, turbines, installations diverses, ainsi qu'un plan-relief de la région portant l'indication des extensions projetées ou en cours d'exécution, tendant à reporter les prises d'eau à une cote voisine de 2,000 mètres, et régulariser le débit par des réservoirs échelonnés.

Bonna. — Série de plans de canalisation, et divers travaux d'assainissement.

Chambrelent et Médebielle. — MM. Chambrelent et Médebielle, concessionnaires du chemin de fer électrique du pic du Midi de Bigorre, exposent un avant-projet de chemin de fer conduisant de Bagnères au pic du Midi par la vallée d'Arises.

Le chemin de fer rachète une différence de niveau de 1,573 mètres, avec des rampes variant de 10 à 28 p. 100 et des courbes de 65 mètres. Il sera à crémaillère, à voie de 1 mètre, et actionné par l'électricité.

Un barrage de 12 mètres de hauteur emmagasinera les eaux motrices; l'usine,

située à 125 mètres en contre-bas, donnera une puissance de 4,000 à 5,000 chevaux, et le mode d'emploi de l'électricité sera le système à courants triphasés.

Compagnie de salubrité de Levallois-Perret. — La Compagnie expose, indépendamment de ses canalisations de la rive gauche de l'Exposition, des spécimens du dédoublement des eaux vannes en un produit solide et un produit liquide qu'elle opère à l'air libre, à titre d'expérience, dans son usine de Levallois.

Compagnie générale des eaux. — La Compagnie présente :

Des échantillons d'eaux de rivière traitées par le fer métallique et filtrées ensuite : eaux distribuées, depuis le 1er janvier 1896, à 62 communes du département de la Seine;

Des modèles de réservoirs en fer et ciment de 4,000 mètres cubes de capacité;

Des modèles : des usines filtrantes de Choisy-le-Roi, donnant par jour 60,000 mètres cubes; d'un laveur mécanique du sable; des usines et filtres du col de Villefranche (Nice);

Des plans d'adduction d'eau : canal de la Vésubie; canal de Saint-Martory;

Les cartes des distributions d'eau de Nice, Villefranche-sur-Saône, Arcachon, Lisieux, Elbeuf, etc.;

Des plans de distributions d'eau filtrée à Lyon et à Paris, avec graphiques caractérisant l'influence du filtrage des eaux sur les épidémies, et notamment sur la fièvre typhoïde.

Compagnie du gaz de Paris. — La Compagnie du gaz de Paris donne le plan des canalisations avec indication des usines (Clichy, Ivry, etc.), et une statistique comparée dont nous extrayons les chiffres suivants :

Gaz livré par les usines (en millions de mètres cubes), 1860 : 70; 1875 : 175; 1899 : 325.

Longueurs de canalisation (en kilomètres), 1860 : 800; 1875 : 1,875; 1899 : 2,465.

Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. — La Compagnie parisienne du gaz expose ses procédés de manutention mécanique du coke.

Les opérations se font par sacs de 40 kilogrammes, c'est-à-dire maniables à bras d'hommes.

La mise en sacs est facilitée par l'emploi d'une boîte cylindrique d'une capacité de 1 hectolitre, où le blutoir apporte le coke, et qui se déverse dans le sac par un simple mouvement de pédale.

Le transport au tas se fait au moyen de chaînes sans fin, de câbles aériens et de monorails; et la reprise au tas s'opère à l'aide de dragues mues à l'électricité, et dont l'élinde est disposée de manière à s'appuyer toujours contre le tas de coke. Le coke

déversé par les godets passe sur des cribles où il se débarrasse de son poussier, et est mis en sac sur le chariot de la drague servant de quai de chargement.

Ces diverses opérations sont figurées par deux tableaux à grande échelle.

Compagnie du gaz de Nancy. — La Compagnie montre par des plans comparatifs les accroissements successifs de ses usines, et, par des diagrammes, l'influence des tarifs sur la consommation :

En 1889, l'usine ne produisait encore que 20,000 mètres cubes par jour, au prix de 0 fr. 35. Un traité passé en 1894 abaissa le prix à 0 fr. 20; et le nombre de mètres cubes vendus, qui était de 3,500,000 en 1894, s'élève aujourd'hui à 8,100,000.

Aujourd'hui l'usine comprend deux batteries de fours, l'une à 7 cornues, l'autre à 8, avec foyer à récupération, condenseurs et épurateurs perfectionnés.

Daime. — M. Daime expose un cellier exécuté en Camargue, à Giraud, à l'aide de ciment armé. Les murailles et la voûte sont doubles avec nervures d'entretoisement évidées. Le profil de la voûte est ogival; l'épaisseur des parois est seulement de 0 m. 05 et les plus gros fers mis en œuvre n'ont pas plus de 0 m. 01 de diamètre.

Dubois et Nicole. — Les travaux d'édilité exposés sont :

Le lycée de Dijon, le palmarium du Jardin d'acclimatation, le marché couvert du Mans, etc.

Duclos. — M. Duclos a installé à l'annexe de Vincennes un type de pavillon démontable, constitué par des pièces métalliques essentiellement interchangeables, avec revêtement extérieur en tôles fixées sans boulons, par simple serrage, revêtement intérieur et cloisons en planches à dilatation libre, et toiture en tôles ondulées.

Le poids d'un pavillon de 100 mètres carrés, comprenant un rez-de-chaussée et un étage, est de 30 tonnes; le démontage et le montage peuvent s'effectuer en un mois.

M. Fabre, mécanicien à Blida, expose un système de filtre où l'eau, après s'être dégrossie dans un premier compartiment à galets où le filtrage se fait horizontalement, achève de s'épurer en traversant verticalement des couches successives de matières filtrantes superposées par ordre de finesse.

M. Moreau (Émile) présente un album et un mémoire relatifs au captage d'eau potable pour la ville de Lille.

M. Moreau estime que, dans une région où l'industrie et la culture répandent des matières infectieuses et où le sol est fendillé, les eaux de source recueillies à de faibles profondeurs sont suspectes, et substitue des eaux recueillies dans des couches profondes, que des strates de *thun* mettent à l'abri des infiltrations.

Il propose en conséquence d'atteindre ces couches profondes à l'aide de puits tra-

versant les strates de thun, et de les drainer au moyen d'une galerie de captage. La galerie qu'il projette serait située sous la vallée de la Deule, et présenterait un développement de 10,160 mètres. Trois puits d'essai, accompagnés d'amorces de galerie, lui font prévoir un débit plus que suffisant pour tous les besoins de l'alimentation.

M. Hennebique expose diverses applications de la construction en béton armé, suivant un système caractérisé par l'emploi d'étriers et barres pliées. Une partie de ces applications, réalisées par M. Dumesnil à l'Exposition même, trouveront leur place plus loin.

Indépendamment de ces travaux, M. Hennebique présente comme ouvrages de construction urbaine :

L'hôtel du parc impérial, à Nice; une maison sise à Paris, rue Danton; le bâtiment des archives du Comptoir d'escompte; la nouvelle Cour des comptes; des hangars à fermes en béton armé, des silos, réservoirs, et même des pilotis de fondations.

M. Kessler. — Le principal travail d'édilité de la maison Kessler est la charpente métallique de l'usine élévatoire de Pierrelaye.

M. Le Blanc expose différents plans de conduites d'eau : Avre, Vigne, Verneuil, Loing et Lunain, Achères; le pont d'Argenteuil, ainsi que tous les détails d'exécution des canalisations : entre autres les tuyaux en fonte frettée et en tôle d'acier de 1 m. 25 et 1 m. 50 de l'aqueduc du Loing et du Lunain.

Il signale aussi un système de traitement des ordures des villes par la vapeur fluente sous pression.

MM. Mathelin et Garnier. — Installations de fontainerie et d'arrosage, appliquées dans les jardins de l'Exposition.

M. Puech. — Le filtre dégrossisseur Puech, dont les principales applications se trouvent à l'usine d'Ivry et à Nice, présente des couches filtrantes de sable de 0 m. 20 de profondeur. Ces couches ne sont pas superposées, mais juxtaposées par petits bassins où l'épuration des eaux s'opère non seulement à la surface, mais dans toute la masse, qui peuvent se nettoyer individuellement sans interruption du service général, et occupent un espace relativement restreint.

Société générale d'entreprise d'eau, gaz et travaux publics. — L'exposition comprend :

L'adduction des eaux du Lévezon, à Rodez, de la cote 890 à la cote 660, après un parcours de 12 kilom. 500, à l'aide de conduites en fonte de 0 m. 300 et 0 m. 225 de diamètre, franchissant la vallée du Viaux sous une pression de 200 mètres;

La dérivation des sources de la Vigne et du Verneuil (aqueduc et siphon de l'Eure, siphon de la Maulde, etc.);

La concession des eaux de Bastia;

A Petubal (Portugal), une distribution de gaz en partie employée à des usages industriels.

Société des forges et chantiers de la méditerranée. — Les travaux d'édilité exposés sont :

Le modèle des appareils d'épuisement d'eau construits pour l'usine élévatoire à vapeur de Clichy, élevant par seconde 1,500 litres à 6 m. 50, par action directe du moteur sur les pompes centrifuges;

Un appareil élévatoire pour irrigations (syndicat de la Roubine), élevant par seconde 750 litres à 2 m. 50.

Des appareils d'élévation d'eau et d'éclairage électrique à Château-Davignon : 700 litres à 3 mètres.

Société d'étude pour l'adduction des eaux du lac de Genève à Paris. — La Société propose un projet prenant les eaux sur la rive française du lac à l'altitude de 37 mètres, et à 45 mètres de profondeur, pour les amener à Paris, avec une pente moyenne de 0 m. 50 par kilomètre, par un trajet de 507 kilomètres.

L'aqueduc fournirait une quantité d'eau évaluée à 24 mètres cubes par seconde, et desservirait sur son trajet les départements de la Haute-Savoie, de la Savoie, de l'Ain, du Rhône, de Saône-et-Loire, Nièvre, Yonne, Loiret, Seine-et-Marne, Eure-et-Loir, Seine-et-Oise, Seine.

Le projet est établi avec plan au 1/40000, profil à 0 m. 10 par kilomètre, et détails des ouvrages d'art.

Société des grands travaux de Marseille. — Les travaux exécutés par la Société pour l'assainissement de Marseille sont représentés par un plan au 1/5000, et les détails d'ouvrages d'art. Ils consistent en un collecteur général de 12 kilomètres, 24 kilomètres d'égouts maçonnés, 90 kilomètres de tuyaux en grès et 3 usines élévatoires.

Les travaux d'alimentation en eau de Fréjus, Saint-Raphaël, etc., ont donné lieu à l'établissement du canal de la Siagnole, avec captage de sources et restauration d'aqueducs romains. Longueur, 42 kilomètres; débit, 375 litres à la seconde.

A Sofia (Bulgarie), création d'une usine électrique au moyen d'une chute d'eau de 50 mètres, dont le travail pourra s'élever à 3,000 chevaux, et qui servira à l'éclairage, des distributions de force motrice et l'alimentation des tramways.

Superville et Pellier. — Comme travaux d'édilité, MM. Superville et Pellier présentent les types des tuyaux exécutés pour la ville de Paris, et notamment ceux de Méricourt, en fonte, d'un diamètre de 2 mètres, d'une épaisseur de 0 m. 022, frettés en fils d'acier, et subdivisés par tronçons d'une longueur utile de 4 mètres.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M. Vabre expose, comme travaux d'édilité, les terrassements et maçonneries du lycée Voltaire, de la Sorbonne, de l'Opéra-Comique, de l'Hôtel des téléphones.

A ces ouvrages nous rattacherons le phare d'Eckmühl, élevé à la pointe du Finistère, haut de 62 mètres, visible à 100 kilomètres; construit tout entier en granit de Kersanton et revêtu intérieurement en opaline laminée. La base carrée présente une largeur de 14 m. 20; le fût est octogone et l'escalier se développe dans un vide cylindrique de 3 m. 80 de diamètre. Le travail, dû à un legs de 300,000 francs de Mme la marquise de Blocqueville, a été commencé pendant les derniers mois de 1893 et inauguré le 17 octobre 1897.

ALLEMAGNE.

Ville de Berlin. — *a.* **Alimentation en eau.** — La ville de Berlin est alimentée en eau filtrée, provenant de deux lacs, le Tegeler See, situé à l'ouest de la ville, et le Müggel See, situé à l'est.

Les projets sont établis pour assurer à une population de 2 millions 1/2 d'habitants, 100 litres d'eau par tête et par jour, soit un total de 250,000 mètres cubes par jour ou 3 mètres cubes par seconde.

Le Tegeler See fournit actuellement le tiers de cette eau; les deux autres tiers seront empruntés, au fur et à mesure de l'extention des besoins, au Müggel See.

L'eau de ces deux lacs, après filtration, est dirigée par des machines à vapeur vers des réservoirs : pour les quartiers élevés, l'eau provient du Tegeler See et est emmagasinée au réservoir de Charlottenburg; pour les quartiers bas, elle provient du Müggel See et est emmagasinée aux réservoirs de Lichtenberg et de la Belforterstrasse.

La ville expose, indépendamment d'un plan général de la canalisation à l'échelle de 1/75000, les détails des prises d'eau, bassins filtrants et réservoirs.

Prise d'eau du Tegeler See et réservoir de Charlottenburg. — La prise d'eau du Tegeler See comprend : une ancienne installation avec filtres de 22,000 mètres carrés de superficie, et bassin d'eau épurée représentant une capacité de 4,000 mètres carrés; et une installation récente, où les filtres présentent 27,000 mètres carrés de superficie, et le bassin d'eau épurée une capacité de 5,600 mètres cubes.

L'eau est amenée au réservoir de Charlottenburg par une conduite de 7 kilomètres en tuyaux de 0 m. 910 de section.

A Charlottenburg se trouvent d'anciens réservoirs d'une capacité de 3,900 mètres cubes et un réservoir plus récent de 6,800 mètres cubes, d'où l'eau est refoulée par des machines vers les parties les plus élevées de la ville.

Prise d'eau du Müggel See et réservoirs de Lichtenberg et de la Belforterstrasse. — La prise d'eau du Müggel See, encore en voie d'extension, présente 3 groupes de 34 filtres voûtés offrant ensemble une superficie de 78,600 mètres carrés, et 4 bassins

d'eau épurée cubant ensemble 13,000 mètres cubes. L'eau de ces bassins est refoulée par des machines, dans des tuyaux de 1 m. 20 de diamètre, jusqu'au réservoir de Lichtenberg.

La capacité du réservoir de Lichtenberg est de 15,000 mètres cubes, se subdivisant en deux parties, dont une est distribuée dans les quartiers bas, et l'autre refoulée vers deux réservoirs respectivement de 3,000 et 7,000 mètres cubes, situés près de la Belforterstrasse et servant à l'alimentation des quartiers élevés du Nord.

L'exposition comprend un modèle en relief des installations du Müggel See, avec ses filtres à sable, ses bassins voûtés, sa machinerie de pompes d'aspiration et de refoulement; la disposition des bâtiments de service, avec les détails de leur architecture à ornements de brique; la vue des installations générales; les types de tuyaux, etc.

Sont également représentés par des modèles en relief les ouvrages de Lichtenberg et de la Belforterstrasse; un type de la distribution des eaux dans les maisons de Berlin.

Enfin, un tableau graphique résume les expériences bactériologiques et permet d'apprécier la variation de la teneur des eaux en microbes suivant la température et les saisons.

b. **Évacuation des eaux.** — La ville place en regard de ses types de distribution d'eau potable les égouts qui évacuent les eaux viciées : à Berlin, le système du *tout à l'égout* est admis en principe, et les eaux vannes sont élevées vers des champs d'épuration.

L'exposition comprend :

Les types d'égouts; la carte au 1/4000 des égouts avec partage de la ville à venir en 12 sections; le modèle d'une machine élévatoire refoulant l'eau des égouts vers les champs d'épuration; une carte au 1/25000 et un détail en relief de ces champs d'épuration.

Parmi les ingénieurs qui ont concouru aux travaux d'édilité de Berlin, il convient de citer MM. Obrecht, Beer, Ziesmann, Schultz.

Municipalité de Charlottenburg. — Usine produisant par jour 250,000 mètres cubes de gaz d'éclairage et 105,000 mètres cubes de gaz à l'eau, occupant 440 ouvriers.

Municipalité de Chemnitz. — Projet, en cours d'exécution, d'une alimentation en eau à l'aide de retenues, dont : une de 3,300,000 mètres cubes, avec barrage en maçonnerie de 35 mètres de hauteur; une autre, de 300,000 mètres cubes avec barrage en terre de 15 mètres.

Le travail est conçu pour fournir l'eau nécessaire à une population de 400 à 500,000 habitants; actuellement la population est de 212,000 habitants et la distribution exécutée lui assure par jour 35,000 mètres cubes.

Allgemeine Electricitats-Gesellschaft (Berlin). — La Société générale d'électricité de Berlin expose les plans et vues photographiques d'une usine installée à Reinfelden

pour la transformation en électricité du travail produit par une dérivation du Rhin : les turbines, au nombre de 20, actionnent des dynamos dont 12 servent sur place à des opérations d'électrochimie; les 8 autres, produisant 6,800 volts, servent à distribuer, dans un rayon de 25 kilomètres, la lumière et la force motrice.

La même société présente les installations électriques de Berlin : 6 usines à moteurs à vapeur, dont 4 à l'intérieur de la ville, alimentent plus de 400,000 lampes électriques et 5,000 électro-moteurs;

L'épuisement, à l'aide d'un mécanisme électrique dont le travail est fourni par des machines à vapeur, des eaux d'un espace triangulaire endigué dans la vallée du Memel : surface desséchée, 18,000 hectares;

L'établissement des tramways de Gênes.

L'exposition comprend les plans et vues pittoresques des principales usines d'électricité de Berlin, et notamment l'usine *Moabit* (27,000 kilowatt); le plan d'ensemble de la distribution de Reinfelden, avec les détails et les vues d'une chambre des turbines.

Berlin-anhaltische maschinenbau actiengesellschaft. — La Société expose un modèle de four à gaz. Ses usines de construction de machines occupent 650 ouvriers.

Didier Stettiner Chamote-fabrik actiengesellschaft. — Modèle à grande échelle d'une usine à gaz, comprenant :

Pour les transports de houille, un mécanisme qui prend la houille à l'entonnoir de déchargement et la conduit aux cornues de distillation avec une telle simplicité qu'un ouvrier suffit pour charger une batterie de 25 cornues;

Pour la distillation, des fours à cornues inclinées de telle sorte que la charge du charbon et la décharge du coke s'effectuent automatiquement;

Pour l'évacuation du coke, un transporteur-extincteur à chaîne qui opère le transport au magasin.

Le système a été appliqué à Stettin, Berlin, Anhalt, Dessau.

Electrizitäts actien gessellschaft, ci-devant Lahmeyer (Francfort-sur-le-Mein). — La Société expose les types de ses grands dynamos et quelques-unes de ses installations d'éclairage électrique et de distribution de force, notamment celles de Bâle, Augsbourg, Wangen, Charlottenburg.

Electrizitäts actien gessellschaft, ci-devant Schuckert (Nürenberg). — La Société présente les plans et coupes des installations électriques de Hambourg, comprenant deux principales usines. Dans l'une, 5 machines actionnent deux dynamos de 500 kilowatt; 2, un dynamo de 800 kilowatt. Dans l'autre, 3 machines actionnent un dynamo de 800 kilowatt; 3 deux dynamos de 800;

Le plan de la distribution et des usines électriques de Jaice en Bosnie, et de Hafslund en Norvège;

Les vues d'un chemin de fer à traction électrique, réalisé à l'annexe de Vincennes, et qui est caractérisé par la suspension des wagons sous des chevalets en forme de fermes, au besoin une simple rangée de poteaux portant de chaque côté une voie suspendue : dispositions qui permettent d'économiser l'espace et d'atténuer la gêne d'un chemin de fer circulant dans une ville. Une photographie représente le chemin de fer circulant au-dessus du lit d'un cours d'eau.

Gesellschaft für Lindes eismachen (Berlin-Wiesbaden). — Installation représentée par un modèle en relief montrant l'application des appareils frigorifiques Linde à la brasserie et à la conservation des viandes et autres matières alimentaires.

La production annuelle de glace atteint 26 millions de tonnes, et les machines s'appliquent, indépendamment des industries qui viennent d'être mentionnées, aux fabriques de produits chimiques, de chocolats, de beurre, aux raffineries, etc.

Helios Electrizitäts-actiengesellschaft (Cologne-Ehrenfeld). — Les documents d'édilité exposés par la Société consistent en plans, détails et aquarelles d'installations électriques dont les principales sont :

Dresde (travail en cours d'exécution) : 2 machines à vapeur de 1,000 chevaux actionnant chacune un dynamo de 650 kilowatt; 4 de 800 chevaux avec dynamos de 520 kilowatt. L'installation terminée fournira 3,380 kilowatt, distribués par une canalisation d'éclairage de 150 kilomètres;

Côme : Tramways électriques;

Amsterdam : Distribution électrique de lumière et de force motrice, à laquelle la Société a récemment ajouté 2 machines à vapeur de 1,000 chevaux, actionnant des dynamos de 650 kilowatt;

Cologne : Usine électrique à laquelle elle ajoute un groupe de machines fournissant à présent 1,200 kilowatt.

M. Intze expose :

Le plan au 1/2500 et les détails de la distribution d'eau de Solingen. L'eau est retenue dans deux bassins principaux : l'un, à la partie supérieure de la vallée du Sengbach, est d'une capacité de 100,000 mètres cubes. Il présente une digue en terre avec noyau constitué par un mur de béton de 2 mètres à la base et 1 mètre au sommet. La hauteur de la retenue est de 7 mètres, les prises d'eau se font dans des tours logées dans le massif et communiquant avec le fond d'un bassin de filtrage à sable, d'une superficie de 2,000 mètres carrés.

Un deuxième barrage, établi à la partie basse de la vallée, ferme le deuxième bassin, dont la capacité est de 2,900,000 mètres cubes. Au-dessous sont installées des ma-

chines élévatoires avec turbines, pompes et dynamos refoulant l'eau jusqu'à un réservoir situé à 168 mètres en contre-haut, d'où l'eau redescend à la ville.

Barrage de la vallée de l'Urft, près de Gemünd : Plan et détails d'un réservoir de 45 millions 1/2 de mètres cubes, avec usine utilisant l'eau comme force motrice à l'aide de turbines sous une pression de 71 à 107 mètres.

Protection contre les inondations de la région de Bolur et Queis en Silésie : principaux réservoirs offrant des capacités respectivement de 77, 50, 15, 12 millions de mètres cubes. Carte au 1/100.000. Plans et profils des digues en maçonnerie, digues qui présentent les particularités suivantes : lits normaux aux pressions; tracé en courbe tournant sa convexité du côté des eaux. Épures de stabilité et tableaux des résultats économiques de l'opération.

Réservoir pour la distribution d'eau de Remschied : Barrage d'Esbach, d'un type analogue au précédent, avec un revêtement intérieur en briques séparé de la masse des maçonneries par une couche étanche de goudron. Hauteur, 36 mètres; épaisseur à la base, 15 mètres; au sommet, 4 mètres.

Usine de force hydraulique à Rheinfelden : Force motrice empruntée à une dérivation du Rhin, avec transmission électrique d'un travail utile de 16,800 chevaux.

Autre prise de force motrice près de Heimbach, sur la Rur, pour 10,000 chevaux utiles.

Type de réservoir en tôle appliqué à Kiel. Le réservoir repose sans poussée sur une tour, suivant la ligne d'intersection d'une bordure en forme de tronc de cône renversé et d'une partie centrale en calotte sphérique.

Ferme de 30 mètres pour le chantier naval de Hambourg : Semelle supérieure en arc et semelle inférieure rectiligne, reliées par une âme triangulée.

Maschinenfabrik Germania, ci-devant Schwalbe (Chemnitz). — Plans détaillés d'installations frigorifiques, entre autres :

Une usine au Japon, où la machine réfrigérante donne par heure un abaissement de 70,000 calories;

A Trèves, 35,000 calories;

A Perth (Australie), 160,000 calories.

Maschinenfabrik und Mühlenanstalt G. Luther (Brunswick). — Les principales installations urbaines exposées se rapportent à des moulins à blé, huile, décortication du riz, silos à Galatz, Braïla, Mannheim, Francfort, Ludwigshafen.

O. von Miller (Munich). — Plans et détails d'une série d'installations électriques dont les principales sont :

Éclairage électrique de Cassel : 1,080 kilowatt. Installation électrique de force et de lumière près de Munich, 2,060 kilowatt;

Éclairage de Nürenberg, 1,800 kilowatt;

Éclairage et force motrice à Bozen, 4,000 kilowatt; à Matrei, 4,000 kilowatt;

Utilisation des eaux de la Sil : chute, 82 mètres; force, 6,000 chevaux (modèle, profil longitudinal de la conduite et des réservoirs, plans et détails des usines).

OEsten (Berlin). — Appareil pour la purification de l'eau chargée de protoxyde de fer : le protoxyde de fer est transformé en oxyde insoluble par pulvérisation de l'eau au contact de l'oxygène de l'air, et l'oxyde devenu insoluble est éliminé par filtration.

M. OEsten expose les dessins de l'appareil, qui a été appliqué à Insterburg, Stadt, Mittweide et Berlin.

Riedinger actien gesellschaft (Augsburg). — Plan et coupe au 1/50 d'un appareil à produire du froid par l'acide carbonique liquéfié, appliqué aux marchés de Vienne : donnant actuellement par heure 135,000 calories négatives et pouvant ultérieurement en donner 270,000.

Siemens et Halske (Berlin). — Chemin de fer électrique surélevé de Berlin : Plan général, types et vues des viaducs, aquarelles des principales stations, coupe montrant l'installation des générateurs d'électricité dans la station centrale.

Installation électrique du chemin de fer souterrain François-Joseph à Budapest.

Weismüller frères (Francfort-sur-le-Mein). — Les travaux concernant l'édilité consistent en des plans et détails de silos pour la conservation des grains.

AUTRICHE.

Ville de Vienne. — **Alimentation en eau.** — Vienne est alimentée en eau par une série de bassins de retenue. Un de ces bassins emmagasine les sources de la vallée de Schwarza et fournit par vingt-quatre heures 138,000 mètres cubes d'excellente eau, qu'une conduite de 95 kilom. 5 amène à un réservoir de 120,500 mètres cubes situé au Sud de la ville. Cinq autres bassins de retenue présentent ensemble une capacité de 142,600 mètres cubes. Une particularité de ces bassins est d'être coupés par des éperons intérieurs en maçonnerie qui empêchent la stagnation des eaux.

L'exposition présente la carte générale des prises d'eau et des aqueducs, avec indication des conduites à basse et à moyenne pression, des fontaines publiques et des bouches d'incendie; des vues à l'aquarelle des principaux réservoirs, le profil longitudinal et les sections des grands aqueducs, l'analyse des eaux; les modèles des compteurs d'eau ainsi que des appareils système Mihotsch pour la manœuvre des prises d'eau sous pression; les règlements du service des eaux.

Égouts. — Les eaux usées, longtemps jetées par des ruisseaux voûtés dans le canal de dérivation du Danube, sont actuellement recueillies dans deux grands collecteurs qui

C. F. E.

longent ce canal sur ses deux rives et qui, lors de leur achèvement, jetteront les eaux dans le Danube même, à l'embouchure du canal de dérivation. Un autre système de collecteurs moins importants longe la rivière de Wien.

Le collecteur de la rive gauche du canal du Danube présente un développement de 6,950 mètres, avec une pente moyenne de 4 p. 100. Lors des pluies exceptionnelles, il peut avoir à débiter plus de 22 mètres cubes par seconde. Il est calculé pour un débit normal de 5 mètres cubes, mais disposé de manière à déverser le surplus dans le canal, sous la condition que les eaux ménagères soient diluées dans quatre fois leur volume d'eau fluviale.

Le collecteur de la rive droite, relié par un siphon à celui de la rive gauche, présente actuellement une longueur de 11,292 mètres, une pente moyenne de 8 p. 100, et peut débiter seulement dans les circonstances normales la totalité des eaux; lors des pluies d'orage, le trop-plein est évacué, comme celui de la rive gauche, par déversement.

Le profil, à son maximum de section, présente 8 m. 30 de largeur sur 4 m. 60 de hauteur; la cuvette d'écoulement des eaux ménagères est de 5 mètres sur 1 mètre; l'ensemble des voûtes est en maçonnerie, et le passage sous la Wien en béton armé.

Le Danube, au point où il reçoit les eaux des égouts, les entraîne avec une pente de 0 m. 40 à 0 m. 50 par kilomètre. Un projet d'utilisation agricole est à l'étude.

Régularisation de la Wien. — La Wien, rivière torrentielle, a été l'objet d'importants travaux consistant en réservoirs régulateurs d'une capacité de 1 million 600,000 mètres cubes, et chenal d'écoulement voûté sur une longueur de 1,350 mètres. Le profil de la voûte, variable suivant la pente du radier, présente une ouverture comprise entre 16 m. 50 et 21 mètres. Le radier est en béton et l'ensemble de la voûte en béton comprimé de Portland (travaux décrits dans une notice exposée par M. Klunzinger).

Gaz, voirie, travaux divers. — L'exposition contient en outre le plan des usines à gaz avec les vues à l'aquarelle des constructions monumentales de ces usines;

Un plan au 1/25,000 de la ville distinguant les zones où la hauteur des maisons comporte cinq, quatre ou trois étages; la zone où les usines sont admises;

Un plan des tramways existants ou projetés, ainsi que du chemin de fer métropolitain;

Des types de plaques indicatrices établissant à première vue la distinction des rues radiales et des rues transversales de la ville;

Un plan indiquant la répartition des diverses sortes de chaussées suivant les régions de la ville (pavages en granit, en bois, asphaltes, empierrements);

Un plan et une vue du Karlplatz régularisé;

Des vues des bâtiments des Ministères de la guerre, de la justice, des cultes;

Des aquarelles des principaux monuments historiques.

Parmi les ingénieurs des grands travaux de Vienne, il convient de mentionner : MM. Berger, Bischoff, Köstler, Kindermann, Kohl, Priestler.

M. Mayreder présente l'étude d'un groupe de villas projeté à Cobinzel, qui comprend une superficie de 1,365,138 mètres carrés, avec installation de voie d'accès, d'alimentation en eau, égouts, éclairage et constructions d'habitation.

BELGIQUE.

Ministère de l'Agriculture et des Beaux-Arts. — Appropriation industrielle de l'ancienne abbaye de Villers :

Le travail est représenté par le modèle en plâtre, à l'échelle de 0 m. 05 pour 1 mètre, d'un grand édifice du moyen âge, l'abbaye de Villers, restaurée par M. Licot.

La *Campagnarde*. — Pavillon présenté comme type de construction rurale flamande. Caractérisé, au point de vue de la distribution, par l'établissement de la salle principale avec plancher surélevé sur un cellier; au point de vue de la construction, par l'emploi de parois en briques doublées de carreaux de liège aggloméré.

Compagnie des Eaux de Liège. — La Compagnie expose les profils de diverses conduites d'eau, notamment celles de Caltanisetta, Turin; des modèles de joints étanches; un appareil d'épreuve des tuyaux; la vue des chantiers de pose de siphons à Delft, Middelbourg, etc., et diverses conduites exécutées en Espagne.

ESPAGNE.

Les travaux d'édilité consistent principalement dans des canalisations exécutées par la Compagnie des eaux de Liège :

Eaux d'Alicante : carte au 1/20000 et profil de la conduite; échantillon de la tuyauterie et de la robinetterie;

Eaux de Santander : carte avec détails du captage des sources, des aqueducs, siphons et réservoirs voûtés;

Et des projets de voies électriques dressés par M. Garia Faria.

ÉTATS-UNIS.

Ville de New-York. — La municipalité de New-York expose un plan à très grande échelle (1 pouce pour 600 pieds) présentant l'état actuel de la ville et ses accroissements projetés. Ce plan, exécuté entièrement à la main, est entouré d'une bordure ar-

tistique où sont figurés les principaux monuments, et accompagné du plan-relief à la date de 1776, et de plans comparatifs en date de 1770 et 1800: ces documents permettent d'apprécier l'extension de la ville pendant le siècle.

La ville couvre une surface de 798 kilomètres carrés.

Le chiffre de la population, qui était en 1653 de 1,120 habitants, s'est élevé, au cours du XIXe siècle, de 60,489 à 3,550,000; et dans cette période il convient de noter l'année 1898, où la ville s'est incorporé le groupe des îles situées dans le port, ce qui a porté la population du *nouveau New-York agrandi* de 1,884,436 à 3,388,771 habitants.

La longueur des quais est de 568 kilomètres;

Celle des rues projetées, 6,122 kilomètres;

Celle des rues existantes, 3,971 kilomètres, dont 365 kilomètres asphaltés, 1,133 kilomètres macadamisés, 1,146 kilomètres pavés;

Le nombre des ponts est de 444; 2 sont en cours d'exécution, et l'on projette 3 tunnels sous-marins.

La superficie des places existantes est de 2,800 hectares.

La consommation journalière d'eau est de 13,915,660 hectolitres; et les conduites représentent un développement de 3,207 kilomètres, dont 2,387 appartiennent à la municipalité.

On étudie une alimentation pour 10 millions d'habitants, où l'eau serait prise à des distances allant jusqu'à 1,000 kilomètres.

La longueur des égouts est de 2,291 kilomètres. Les anciens égouts sont en voie de transformation par application de types à très grandes sections.

Les eaux qu'ils écoulent sont jetées directement à la mer.

La ville possède 174 postes de pompiers, 445 écoles publiques, 10,602 instituteurs, 127 hôpitaux municipaux, 429 hospices et asiles municipaux ou privés, 61 cimetières.

Son budget annuel se chiffre par 467,511,705 francs.

Comme détail d'installation urbaine, l'United States express C° expose un type de transport accéléré des colis.

Les travaux de New-York sont placés sous la direction de M. Risse. Parmi ses collaborateurs il convient de nommer MM. F. Griffenberg, W. Klein, Dalrymple, J. Schaefer, J. Hume, E. Holden, G. Bishop.

Ville de Boston. — La ville de Boston avait en 1895 une population de 496,920 habitants; sa population actuelle s'élève à 541,000 et se répartit sur une superficie de 100 kilomètres carrés; 23 municipalités sont comprises dans son district et représentent une population de 466,847 habitants, répartis sur un espace de 400 kilomètres carrés.

Le district est figuré par un modèle en relief, dont l'échelle horizontale est de 1 à 14,000 et l'échelle verticale six fois plus grande : modèle où tous les édifices publics et

jusqu'aux cheminées d'usines sont reproduits avec leurs dimensions exactes. L'auteur du modèle est M. G. Caroll Curtis.

Alimentation en eau (*Métropolitan water board*). — Une grande carte, accompagnée de détails de construction, profils-types d'aqueducs et vues photographiques, permet de se rendre compte des dispositions essentielles. La quantité d'eau actuellement distribuée approche de 500 litres par jour et par habitant.

Le principal bassin de retenue, celui de Wachusett, présente une profondeur maximum de 55 mètres, un développement de digues de 3 kilom. 500, une surface de près de 2 kilomètres carrés, et une capacité de plus de 300,000,000 de mètres cubes. Il est presque achevé, et la conduite qui amène les eaux se développe sur une longueur de 16 kilomètres; les parties voûtées offrent un profil en fer à cheval dont la largeur atteint 4 m. 12 et la hauteur 3 m. 33.

Évacuation des eaux (*Métropolitan sewerage board*). — Sur la carte sont tracées, en regard des distributions d'eau, les égouts d'évacuation; leurs profils sont détaillés, et des vues photographiques montrent les particularités du travail.

Le système, à l'état d'achèvement, comprendra environ 1,300 kilomètres d'aqueducs desservant le district tout entier. Actuellement l'assainissement de la métropole se fait par un réseau principal de 400 kilomètres, avec sections variables de 0 m. 75 à 3 m. 20 de diamètre.

Les eaux sont reçues dans des bassins et refoulées par des pompes qui déversent le produit à la mer à marée descendante et en un point éloigné du rivage.

Contrôle du conseil sanitaire (*State board of health*). — Les travaux d'adduction d'eau et d'assainissement se sont exécutés sous le contrôle d'un conseil de santé publique dont les travaux sont exposés, et qui a étudié divers systèmes de traitement et d'épuration des eaux d'égout. Des photographies montrent les méthodes de filtration et d'irrigation déjà employées. Le conseil possède aussi un laboratoire où sont traitées expérimentalement les questions qui se rapportent à la purification des eaux.

Parcs (*Metropolitan park board*). — Une autre institution qui intéresse l'hygiène est celle des parcs municipaux : le district attache à leur création une importance telle que l'État fait aux petites villes l'avance des sommes qu'exige leur installation. La superficie des parcs de la ville de Boston s'élève à 941 hectares.

L'exposition présente, indépendamment des plans et des vues des parcs principaux de la métropole, un rapport sur les parcs de la municipalité de Cambridge.

Tramways et chemins de fer du district. — Le développement des chemins de fer desservant le district était, en 1860, de 117 kilomètres; il s'élève actuellement à 560 kilomètres.

Celui des tramways était, en 1889, de 420 kilomètres, dont 370 à chevaux et 50 à l'électricité; actuellement leur développement est de près de 500 kilomètres, dont 16 seulement à traction par chevaux.

Le nombre des voyageurs est de près de 49,000,000, effectuant chacun un parcours moyen de 26 kilomètres.

Un plan général montre les tracés des diverses voies de communication.

La *Boston transit commission* expose les cartes et photographies d'un chemin de fer souterrain de 2 kilomètres. Le travail a été exécuté sans interrompre la circulation de jour : toutes les opérations qui forçaient d'entamer la chaussée se faisaient de 11 heures du soir à 6 heures du matin.

La *Boston terminal company* présente deux plans comparatifs des gares, avant et après 1899. Actuellement, le nombre des gares est réduit à deux : l'une au nord, l'autre au sud de la ville. Les principaux plans, détails et photographies se rapportent à la nouvelle gare terminus du sud, offrant comme particularité une voie souterraine destinée aux trains de banlieue et tracée en boucle de telle sorte que, sans détacher la locomotive, on dépose les arrivants d'un côté de la boucle et l'on prend de l'autre les partants. La gare dessert par jour environ 800 trains, et 80 trains en partent de 5 heures à 6 heures du soir.

Le *Board of streets commissionners* de Cambridge expose ses études sur les travaux de voirie.

Parmi les ingénieurs qui ont contribué aux travaux du district, il y a lieu de citer MM. Francis, Carson, Isham, Olmstead, Brown, Sterns, Perrine, Eckert.

Chicago. — Le *Chicago sanitary district* présente trois modèles d'égouts et trois cents photographies relatives à leur établissement.

Le *Departement of transportation* résume ses travaux dans une série de mémoires imprimés.

Californie. — La Commission de Californie expose des cartes et plans-reliefs du district et de la vallée de la Yosémite.

La *Standard electric C°* présente, sous la forme d'un modèle en relief de la contrée, l'installation d'une force motrice de 27,000 chevaux obtenue à l'aide d'une chute de 500 mètres, fournissant l'électricité à San-Francisco et permettant l'irrigation de vastes plaines arides.

EXPOSITIONS COLLECTIVES OU PRIVÉES.

Barber (New-York). — M. Barber expose des types de pavages en asphalte peu glissants, appliqués dans 74 villes d'Amérique, sur plus de 10 millions de mètres carrés.

Baldwin (Cincinnati). — M. Baldwin présente le modèle au 1/24e de sa fabrique de pianos de Cincinnati, avec indication non seulement des installations mécaniques, mais du système des voies d'arrivée et d'expédition des produits.

Ses fabriques de Cincinnati et de Chicago occupent plus de 700 ouvriers.

Broadway-Chamber (New-York). — Maison à trente étages construite à New-York, desservie par des ascenseurs et servant à des installations de bureaux. Plans et détails de l'ossature en acier de l'édifice; modèle, grandeur d'exécution, de la façade de l'étage de couronnement.

Corydon-Purdy (New-York). — Modèles et plans d'un bâtiment d'habitation à quatorze étages.

Deering-Harvester C° (Chicago). — Modèle d'une usine occupant 10,000 ouvriers.

GRANDE-BRETAGNE.

Septic tank syndicate (Exeter). — La Compagnie présente le modèle d'un filtre comprenant, indépendamment d'un bassin de filtrage à gravier : une chambre close où les matières organiques, privées du contact de l'air, deviennent solubles en dégageant les gaz qui peuvent être brûlés; puis une série de chambres ouvertes où les contacts avec l'air sont multipliés par des mâchefers et où les matières devenues solubles s'oxydent. La circulation de l'eau dans l'appareil se fait par des procédés automatiques.

La Compagnie explique les phénomènes produits successivement dans la chambre close et dans les chambres ouvertes par un jeu successif de microbes anaérobides et aérobides.

Le système a reçu de nombreuses applications, notamment à Exeter, Manchester, etc.

Port Sunlight, près Liverpool. — Modèle à l'échelle du 1/200e des usines du village de Port Sunlight. Installation à Vincennes d'une des maisons. Le village a été créé en dix ans pour les 2,800 ouvriers d'une usine à savon. 120 hectares ont été assainis par drainage, alimentés d'eaux de source et de puits artésiens; un port a été créé.

Les maisons, construites en briques, occupent en moyenne 70 mètres carrés et comprennent à rez-de-chaussée une salle, une cuisine, une buanderie, une salle de bain.

Robertson, à Québec. — Récepteur métallique des ordures des villes non pourvues d'égouts, appliqué à Montréal (Canada).

HONGRIE.

Ville de Budapest. — La population de Budapest, qui était au commencement du siècle de 54,000 habitants, s'élève aujourd'hui à 506,384, et se répartit sur un espace de 20,000 hectares.

Un plan au 1/10000e contient le projet de la ville agrandie et couvrant une superficie de 46,000 hectares.

Alimentation en eau. — L'eau est fournie par des galeries établies le long du Danube ou sous le lit même du fleuve. Elle est purifiée par le passage à travers une couche filtrante de 18 mètres et refoulée par des pompes.

Deux puits artésiens fournissent un appoint à l'approvisionnement.

La distribution, en voie d'achèvement, assurera, lorsqu'elle sera terminée, 250 litres par habitant et par jour.

Égouts. — Le système du *tout à l'égout* est admis en principe.

Deux grands collecteurs réunissent leurs eaux dans un réservoir, d'où des pompes à vapeur les refoulent vers le Danube.

La section maximum du collecteur est de 16 m. q. 7, avec 4 m. 80 d'ouverture.

Le curage se fait à l'aide de bateaux-vannes.

Les réservoirs sont disposés de manière à recueillir par décantation des résidus utilisés comme engrais.

Le réseau de la distribution d'eau est figuré par un plan au 1/10000e, et celui des égouts par un plan au 1/5000e, accompagné d'un modèle en relief et de vues des installations.

Voirie, chemins de fer, tramways. — La pluport des rues sont pavées en trachyte ou macadamisées, quelques-unes pavées en bois ou asphaltées.

Budapest possède plus de 400 kilomètres de voies ferrées, généralement à traction électrique avec câbles souterrains logés dans des caniveaux.

La ville expose le plan du réseau, les coupes des voies, le détail de la gare principale du chemin de fer électrique du boulevard d'Andrassy; l'installation de l'usine électrique contenant une machine de 600 chevaux, quatre de 250 et trois de 80; le matériel roulant, une coupe montrant la disposition de la ligne, qui est souterraine et recouverte par un plancher métallique supportant la chaussée; la coupe des quais et du chemin de fer couvert bordant la place de la Redoute.

Un chemin de fer funiculaire à vapeur conduit à la citadelle, un chemin de fer à crémaillère monte au Svabhegy.

Le développement des transports sur voies ferrées est exprimé par un diagramme : en 1875 le nombre annuel des voyageurs était de 5 millions, aujourd'hui il s'élève à plus de 60.

Eclairage. — La consommation annuelle de gaz, qui double de dix en dix ans, est actuellement de 30,000,000 de mètres cubes.

La Société hongroise d'électricité pour l'éclairage et les distributions de force dispose de moteurs donnant ensemble 3,900 chevaux; la Société générale d'électricité, 3,000.

Établissements divers. — L'exposition comprend des plans, coupes et vues pittoresques de la basilique de Saint-Étienne;

Des vues de la paroisse du 7e arrondissement;

Les halles, dont les principales présentent un berceau longitudinal à ossature métallique, sur lequel se branchent des berceaux transversaux : le tout largement éclairé et ventilé;

Des marchés aux bestiaux et des abattoirs modèles, notamment des abattoirs à porcs avec voies de service, réfrigérateurs, appareils de désinfection;

La mairie du 8e arrondissement;

Une caserne d'artillerie;

La promenade de la montagne de Bude;

Une monographie du service des pompiers avec la carte des prises d'eau, les modèles des pompes, le détail de l'équipement;

Une carte des établissements d'hygiène et de bienfaisance : hôpitaux, cimetières, cités ouvrières, parcs, bains, puits artésiens.

Travaux statistiques. — Enfin des graphiques, dressés par M. le docteur Körösk, montrent les mouvements de la population, la marche des épidémies. A noter un graphique des habitations, disposé sous la forme d'une maison dont le nombre d'étages correspond à celui que présentent les habitations, et dont une fenêtre répond à 250 maisons. En abscisses négatives on a figuré les maisons démolies.

Parmi les ingénieurs qui ont concouru aux travaux de la ville il convient de citer MM. Heuffel, Halmos, Rossavölgya, Kojlinger, Deveis.

Municipalité d'Arad. — Aquarelles de l'hôtel de ville et du monument des Martyrs.

Municipalité de Kolosvor. — Aquarelles et photographies de monuments publics.

Municipalité de Sopron. — Vues pittoresques des monuments. Plan de la ville au 1/43200e.

Municipalité de Szeged. — Vues comparatives de la ville pendant l'inondation de 1879 et après les travaux de défense. Cour d'appel, lycée, hôtel de ville, palais des Arts libéraux.

Croatie-Slavonie. — Installation d'un système de puits artésiens et de citernes reliées par des galeries; aqueducs, travaux d'assainissement à Fiume, Chichnitza, Abbatia, etc.

ITALIE.

Projets, modèles et détails grandeur d'exécution du nouveau Palais de Justice de Rome.

Installation à Vincennes d'un mode de pavage (système Coari) combiné pour prévenir la formation d'ornières le long des rails de tramway.

Conduite d'eau à Caltanisetta, avec siphon à 37 atmosphères; aqueduc du Vésuve,

avec tranchée sous la lave et réservoir assurant 30 mètres de pression : exécutés par la Compagnie des Eaux de Liège.

La Compagnie expose en outre un projet d'aqueduc, pour l'alimentation de Turin et de quelques autres villes par des prises d'eau dans la haute vallée du Pô.

MEXIQUE.

M. Gayol expose les études des travaux d'assainissement en cours d'exécution à Mexico, travaux qui comprennent une grande tranchée et un tunnel de 10 kilomètres de longueur et 4 m. 185 d'ouverture. Le principe du *tout à l'égout* est admis, et appliqué à mesure des ressources en eau. Les produits des égouts sont utilisés par déversement sur des champs d'épandage;

La ville de Vera-Cruz présente un projet d'assainissement, où les eaux d'égout sont jetées dans des dunes;

La ville de Tampico, des projets pour l'établissement d'égouts et le desséchement d'un lac.

PAYS-BAS.

Indépendamment des travaux publiés par l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais, l'exposition contient les installations réalisées par la Compagnie des Eaux de Liège pour l'alimentation des villes d'Utrecht et d'Arnhem.

Les eaux sont puisées sous le sol, et la pression obtenue artificiellement par refoulement de l'eau dans des réservoirs en tôle surélevés.

Les dessins donnent les détails du captage, des réservoirs et des conduites.

PORTUGAL.

Municipalité de Lisbonne. — La ville de Lisbonne expose le détail de ses voies ferrées, ses gares, son hôtel de ville, ses abattoirs et ses boucheries ambulantes; l'organisation du service des pompiers ; le plan et les vues pittoresques du parc de la Liberté, dont la création a heureusement influé sur la santé publique; un ascenseur funiculaire.

Municipalité de Porto. — Porto présente ses voies ferrées, sa gare centrale, sa Bourse et ses ouvrages d'alimentation en eau.

Le plan de la ville au 1/5000e donne le tracé des conduites. L'eau du Rio Souza est refoulée d'abord à 131 mètres de hauteur, puis conduite, pour le service des

quartiers élevés, à un réservoir situé au sommet de la ville, et, pour le service du reste de la ville, à deux autres réservoirs.

Les dessins contiennent les détails de la conduite et des réservoirs voûtés, ainsi que ceux du système des égouts actuellement en cours d'exécution.

RUSSIE.

Parmi les documents concernant l'édilité, il y a lieu de signaler :

Un type de construction incombustible, à paroi de chaume imprégné d'argile, appliqué avec succès par M. Werkovsky, à Nijni-Novgorod;

Les tramways de Toula, Minsk, Samora, Voroneje, Vilna; ces derniers ont transporté, en 1899, 255,000 passagers;

Des types de rails de tramways, à noyau en bois garni de fer, et reposant sur des traverses en bois demi-rond;

Les dessins et descriptions des réservoirs d'eau à Voroneje, exposés par M. Navrotsky.

RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE.

Les travaux d'édilité exposés comprennent :

Parmi les monuments de Pretoria, les vues pittoresques et les plans du palais du Gouvernement; la Chambre des députés; le Palais de Justice (salle des pas-perdus monumentale, trois grandes salles d'audience) ; la caserne d'artillerie; le laboratoire et la salle de dessin du lycée; l'école normale; le musée d'histoire naturelle et le musée général.

Johannisburg est représenté par des vues comparatives marquant le développement de la ville de 1889 à 1899; l'ancien et le nouvel hôtel des Postes.

L'exposition contient en outre les dessins d'un barrage près de Pretoria, alimentant des exploitations agricoles et servant aux habitations.

Des dessins détaillés offrent les types des écoles rurales.

Enfin, un pavillon en forme de construction rurale permet de se rendre compte de l'aspect et de l'aménagement des fermes qu'habitent les Boërs.

SUISSE.

Ville de Lucerne. — L'eau qui alimente Lucerne provient de sources captées à des altitudes de 1,600 mètres et de 1,000 mètres, et est amenée par une conduite de 28 kilomètres en béton armé, où la charge atteint 500 mètres.

L'emploi de cette eau, combiné avec l'amélioration du système des égouts, a produit dans la mortalité une diminution dans le rapport de 31 à 17.5.

IMPRIMERIE NATIONALE.

La disposition des lieux est représentée par un plan-relief de la vallée de Lucerne. Des vues pittoresques montrent les chemins de fer du Pilate et du Saint-Gothard.

Ateliers de construction OErlikon. — Projet d'usine électrogène près d'Einsiedeln. Le réservoir est situé à la partie supérieure de la vallée de la Siehl ; il peut contenir environ 30 millions de mètres cubes d'eau et comporte un barrage de 26 mètres de hauteur sur 52 mètres de développement. Une conduite souterraine mène l'eau à un réservoir situé à 425 mètres au-dessus des turbines actionnant les dynamos. On compte sur une production de force de 25,000 chevaux.

TROISIÈME PARTIE.

TRAVAUX DE L'EXPOSITION.

Les constructions affectées à l'Exposition se partagent en deux groupes : celles qui doivent durer, et celles dont le caractère est purement temporaire.

Les constructions permanentes comprennent les deux palais des Champs-Élysées et le pont Alexandre III qui les relie à l'Esplanade des Invalides;

Les constructions temporaires comprennent tous les édifices élevés sur l'Esplanade des Invalides, les quais de la Seine, le Champ de Mars et la plate-forme du Trocadéro.

Avant d'entrer dans le détail de ces constructions, nous dirons un mot du caractère que présentent, tant au point de vue de l'exécution que de la forme, celles dont la destination est temporaire.

a. Construction. —Ce qui caractérise au point de vue de l'exécution les ouvrages de l'Exposition de 1900, et ce qui les distingue des travaux de l'Exposition de 1889, c'est l'emploi général de l'acier au lieu du fer dans les charpentes métalliques; l'application du système de fondation par compression du sol, et l'introduction du béton armé.

Le système de fondation par compression, a permis d'éviter des fouilles difficiles et des épuisements dispendieux; il a trouvé son emploi notamment dans les substructions des deux rives de la Seine.

La substitution de l'acier au fer a permis de donner aux charpentes une légèreté extrême; on peut se rendre compte du caractère nouveau qu'elles ont pris, en comparant avec les fermes courantes des palais du Champ de Mars et de l'Esplanade, quelques fermes provenant de l'Exposition de 1889, réemployées dans le bâtiment de l'Électricité.

Enfin, le béton armé a permis d'exécuter à peu de frais des plates-formes résistantes, ainsi que les escaliers à formes quelquefois très complexes qui donnent accès aux étages supérieurs des galeries.

b. Décoration. — Au point de vue de la décoration, la différence entre les deux Expositions est plus marquée encore, du moins en ce qui touche aux ordonnances extérieures :

En 1889, on s'était arrêté à un système où l'ossature métallique était laissée apparente, et où les pièces de la charpente formaient comme des cadres de panneaux dont les remplissages étaient de plâtre ou de poteries émaillées.

Cette fois, l'ossature a été entièrement masquée derrière un revêtement, sorte de tenture architecturale qui l'enveloppe : sur la membrure d'acier on fixe une carcasse de

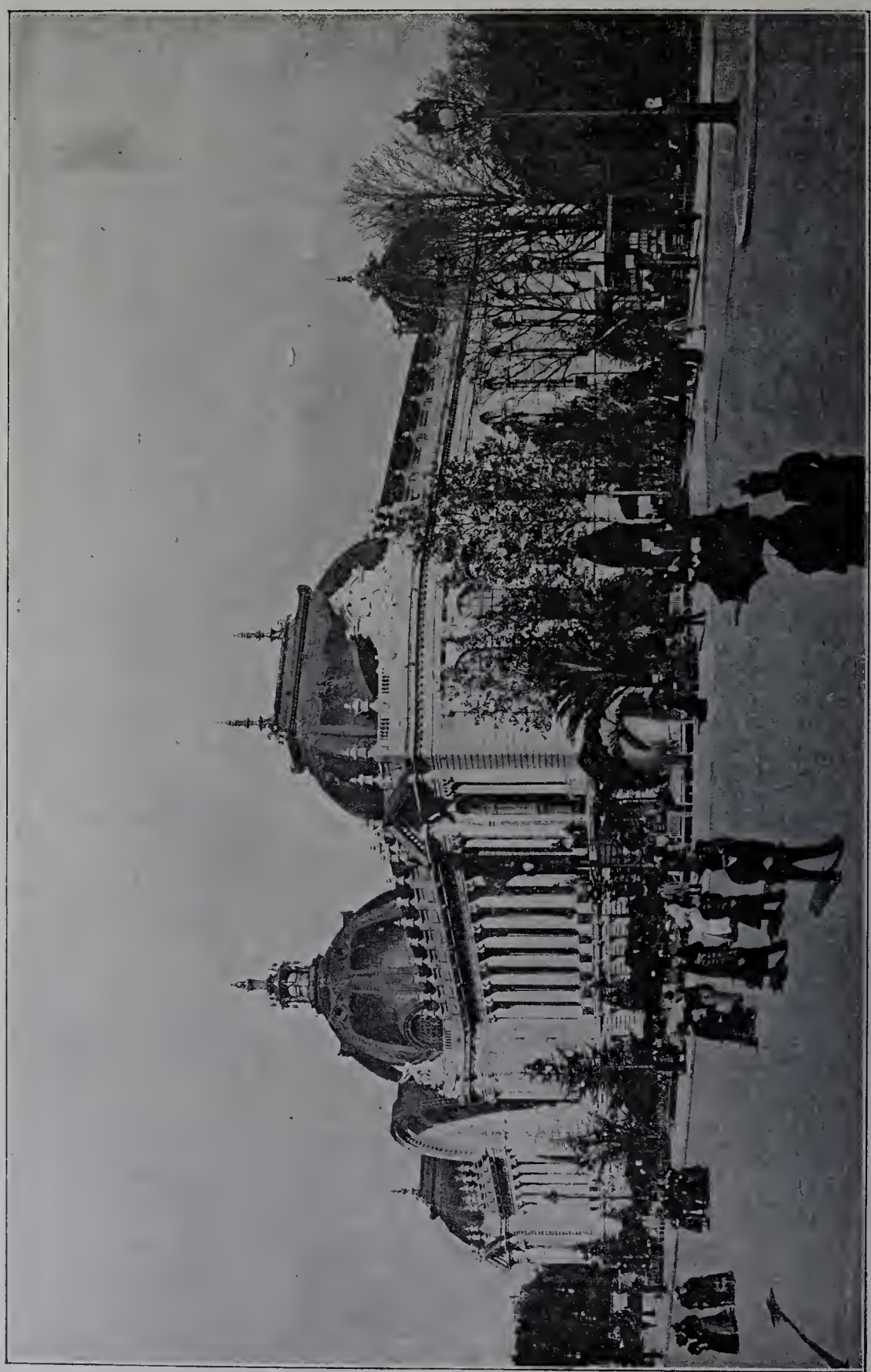


Fig. 182. — Petit Palais des Champs-Elysées : Façade sur l'avenue Nicolas II et façade latérale (côté de la Seine). (*Phot. Larger.*)

Fig. 183. — Petit Palais des Champs-Élysées : Motif central. (*Phot. Larger.*)

menue charpente, qui sert de support à un platelage en planches factices composées de roseaux empâtés dans du plâtre, ou plus souvent à un treillis d'acier connu sous le nom de métal déployé; et sur ce fond on étend des enduits de plâtre ou bien on accroche des ornements de staff.

Non seulement les façades sont ornées d'après ce système, mais les voûtes simulées des portiques sont ainsi exécutées; quelquefois même on s'est contenté pour ces voûtes de panneaux de toile tendue, sur lesquels on a appliqué un revêtement de plâtre.

Tel a été le mode général d'exécution : les détails trouveront leur place dans l'analyse du concours apporté par les principaux entrepreneurs.

Les services de construction, placés sous la direction de M. Bouvard, ont été organisés le 9 septembre 1893, et les travaux ont été terminés en avril 1900.

Nous envisagerons successivement les bâtiments de l'Exposition proprement dite en allant de la place de la Concorde au Champ de Mars; nous décrirons les installations principales; puis nous passerons en revue les pavillons des nations étrangères; nous jetterons un coup d'œil sur les constructions annexes : ponts, passerelles, etc.; et enfin nous spécifierons les travaux des principaux exposants qui ont concouru à l'œuvre.

ENTRÉE DE L'EXPOSITION SUR LA PLACE DE LA CONCORDE.

L'entrée principale de l'Exposition est marquée par une porte décorative, construction métallique à revêtements de faïences et de verres colorés, disposée essentiellement en vue des effets d'illumination par transparence.

La donnée est : une coupole à pendentifs sur plan triangulaire. A chaque côté du triangle répond une baie en plein cintre d'une ouverture de 26 m. 50. Les trois angles sont abattus en pan coupé et occupés, deux par des niches, le troisième par une porte. A droite et à gauche se dressent des pylônes hauts de 43 mètres et disposés en forme de minarets. En avant sont plantés des mâts.

Les arceaux et les pendentifs sont en tôle découpée; l'intérieur de la calotte, en planchettes dorées; les vantaux des portes, en tôle ouvrée avec écussons émaillés. Tout l'extérieur est d'un ton bleu clair. La façade présente un soubassement avec ornements de faïence fumée, un bas-relief à grandes figures de terre cuite émaillée, et des parements en verre à reflets irisés avec ornements dorés.

L'architecte est M. Binet.

PALAIS DES CHAMPS-ÉLYSÉES.

Les constructions des Champs-Élysées se groupent à droite et à gauche de l'avenue Nicolas II, dont l'axe se dirige vers les Invalides, et sont constituées par deux palais : l'un, dit Petit Palais, destiné à servir, après l'Exposition, de musée municipal; l'autre, dit Grand Palais, destiné à remplacer l'ancien Palais de l'Industrie.

a. Petit Palais. — Quatre corps de bâtiment se disposent suivant les côtés d'un trapèze, avec pavillons aux angles et, au centre, une cour en hémicycle.

L'édifice s'élève sur un soubassement percé de fenêtres, et dont la hauteur est rachetée par un perron monumental.

Le corps de la façade présente l'aspect d'une colonnade ionique, adossée à un mur dont la partie inférieure est ouverte de larges fenêtres, et la partie supérieure occupée par des panneaux de sculpture.

Le centre est marqué par un avant-corps à fronton demi-circulaire; les deux angles, par des avant-corps à frontons triangulaires.

L'avant-corps central, qui correspond au perron, est richement décoré de rinceaux de feuillage et de figures en bas-relief avec accompagnement de groupes de statues.

L'ordonnance des façades latérales est à larges pilastres ornés de niches et flanqués de petites colonnes doriques sur lesquelles retombent les archivoltes des fenêtres. Les pavillons qui les terminent ont été disposés en vue de racheter le biais du plan trapézoïdal : le pavillon situé à l'angle de la façade principale est tracé sur un plan en arc de cercle, celui qui marque l'angle de la façade postérieure est en tour ronde.

Sur tout le pourtour de l'édifice, l'entablement est surmonté d'une balustrade ornée.

La toiture est en comble brisé, avec dômes au centre et aux angles.

Les dômes sont couronnés d'amortissements en métal doré. De riches grilles de métal doré forment les vantaux de la porte principale et les appuis des fenêtres.

La cour en hémicycle est entourée de portiques à colonnes de granit gris, groupées par deux et portant un entablement enrichi d'incrustations de marbre rouge, d'une crête découpée et de guirlandes de métal doré. Au-dessus du portique on découvre le sommet des murs des galeries, décoré d'une crête ajourée et de vases; et le fond du portique est tapissé de marbres où le ton jaune domine. Le centre de la cour est occupé par des bassins de mosaïque à fond bleu.

A l'intérieur, une galerie servant de salle des pas-perdus se développe le long de la façade principale; cette galerie présente à son centre un dôme elliptique et est couverte par un berceau orné dans un style qui rappelle celui de l'époque Louis XIII. Les parois sont revêtues de lambrissages de marbre rosé, et le sol d'un pavage de mosaïque.

Sur les trois autres façades règnent deux galeries jumelles, dont une éclairée par le plafond, l'autre par les grandes fenêtres du pourtour.

La longueur de la façade principale est de 125 mètres; l'ouverture de la galerie qui la borde est de 13 m. 20; celles des galeries accolées qui occupent le reste de l'édifice sont respectivement de 11 m. 90 et 7 m. 35.

L'architecte est M. Girault.

b. Grand Palais. — Le Grand Palais se compose de trois parties :

Un hall colossal, en bordure le long de l'avenue Nicolas II;

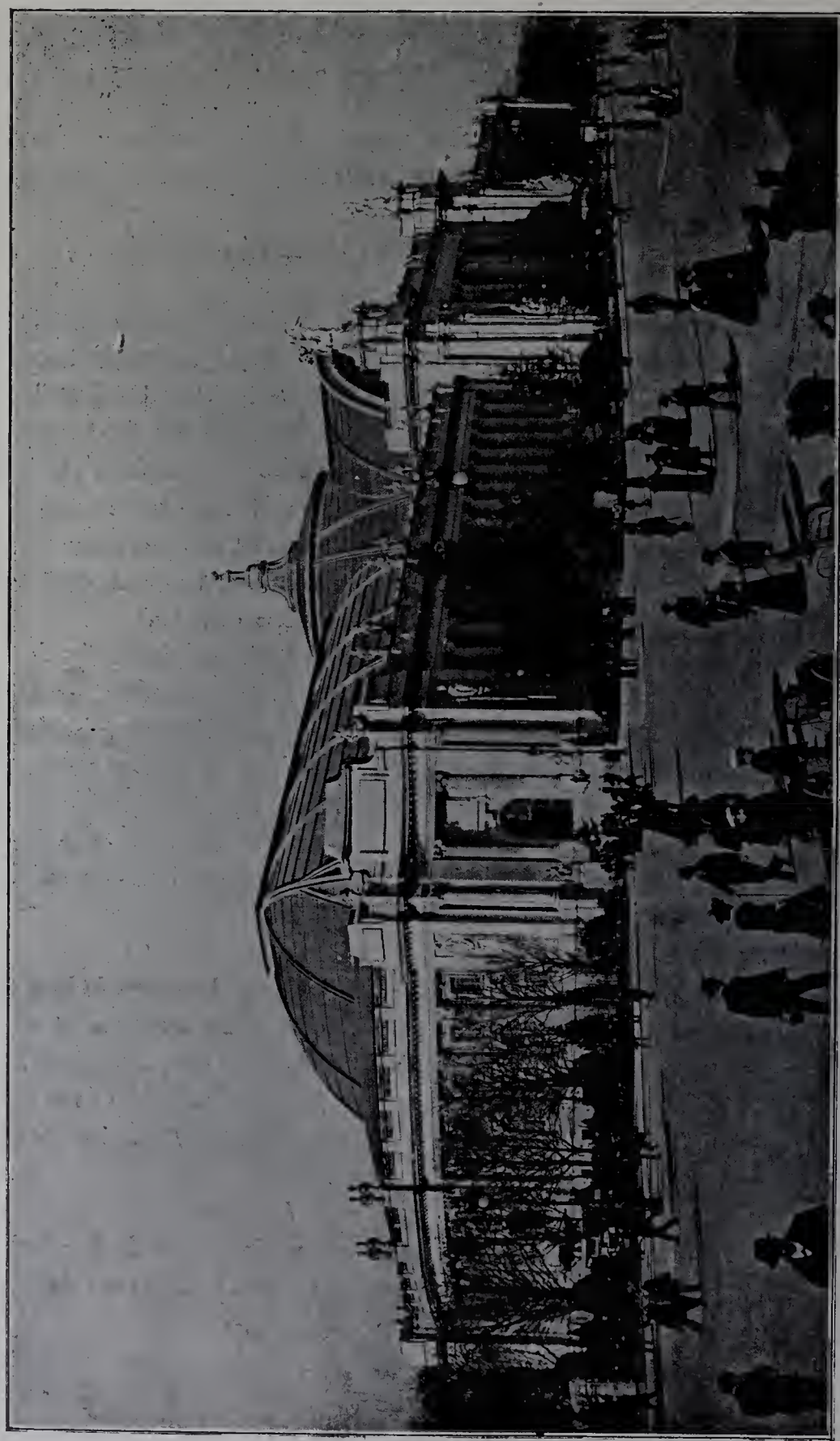


Fig. 184. — Grand Palais des Champs-Elysées : Façade sur l'avenue Nicolas II et partie de façade latérale (côté Seine). (*Phot. Larger.*)

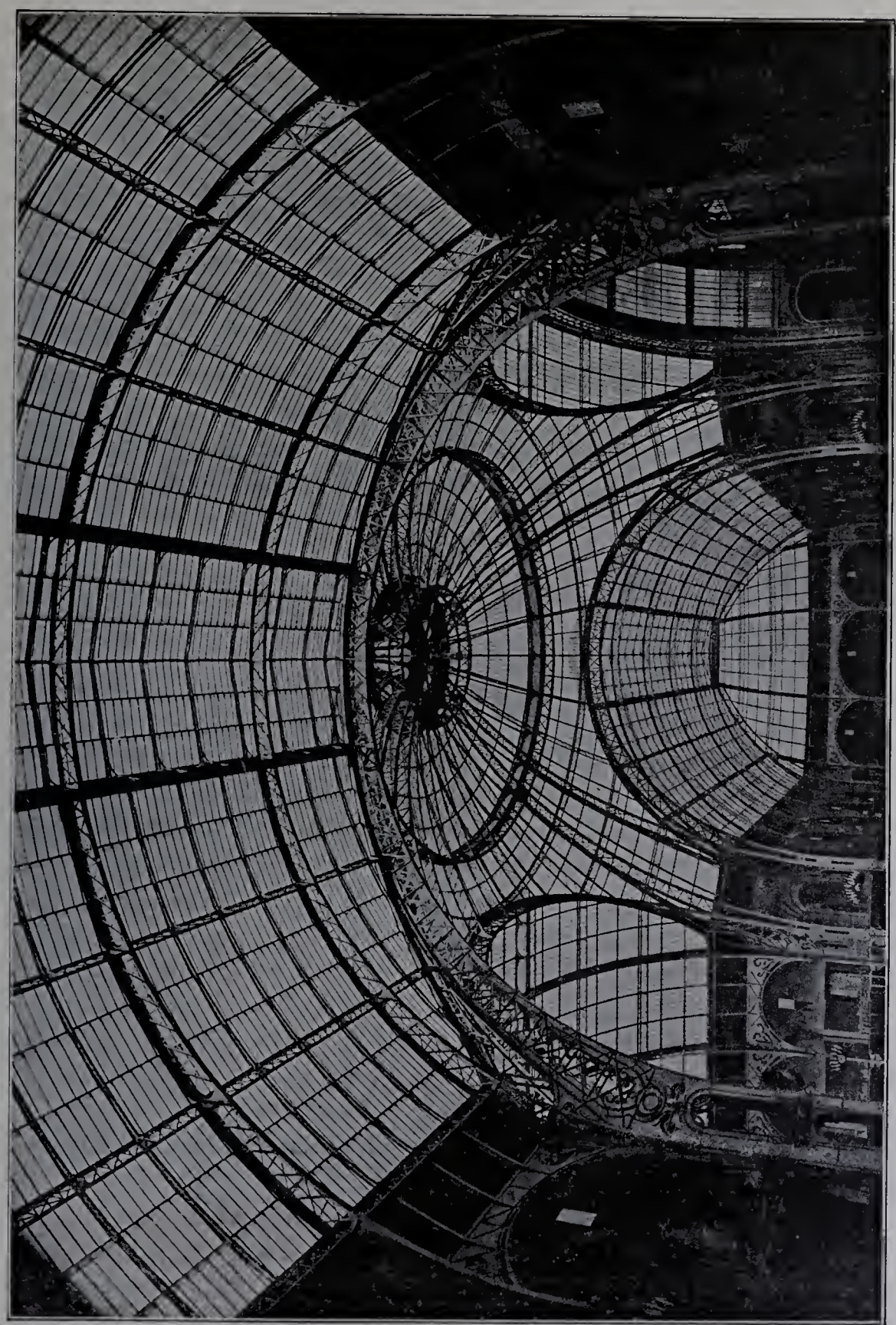


Fig. 185. — Grand Palais des Champs-Elysées : Coupole à l'intersection des nefs. (*Phot. Larger.*)

Un bâtiment postérieur en forme de galerie longeant l'avenue d'Antin ;

Et une partie intermédiaire raccordant l'un à l'autre les deux bâtiments principaux.

La surface occupée est d'environ 4 hectares.

De même qu'au Petit Palais, les façades présentent une ordonnance ionique reposant sur un soubassement percé de fenêtres.

Le motif central de la façade principale consiste en un portique dont le soffite repose sur de colossales colonnes jumelées. Ce portique est précédé d'un perron et terminé, à chacune de ses extrémités, par un pylône surmonté de figures.

Le corps de la façade est un portique sur colonnes de moindre hauteur, dont le fond est percé de baies et orné d'une frise en mosaïque d'un dessin large et d'une tonalité claire.

Des massifs en tour creuse marquent les angles.

La décoration est complétée par des statues, une balustrade, quelques vases allongés se projetant sur la toiture, et un fronton demi-circulaire se dessinant en arrière-plan au-dessus du motif central.

Les façades latérales sont à plan légèrement arqué, avec colonnes engagées semblables à celles qui ornent le corps de la façade principale.

Tel est aussi le caractère de la décoration extérieure du bâtiment intermédiaire servant à raccorder le grand hall avec le bâtiment de l'avenue d'Antin.

Le long de l'avenue d'Antin se développe un portique à colonnes jumelles de dimension colossale, reposant sur un soubassement à bossages.

Le motif central est une sorte d'arc-de-triomphe présentant quatre groupes de colonnes jumelées, une large baie précédée d'un perron, et une attique portant une inscription. Deux groupes de métal se dressent aux deux côtés de la porte ; un troisième surmonte l'attique.

Le corps du portique présente dans son mur de fond des baies en plein cintre au-dessus desquelles se développe une frise de faïence dont la tonalité rappelle celle des frises de Suse. Aux angles, la colonnade est terminée par des massifs enrichis d'un grand luxe de sculptures.

Revenons à l'avenue Nicolas II, et parcourons intérieurement les trois divisions du palais :

Le grand hall, entièrement vitré, est tracé sur un plan en croix et bordé sur son pourtour de galeries à double étage. La petite branche de la croix est perpendiculaire, l'autre parallèle à l'avenue Nicolas II. Chacune des deux branches est couverte d'une charpente métallique en berceau plein ceintre ; l'intersection est marquée par une coupole surbaissée. La petite branche se termine du côté de l'avenue Nicolas II par un pignon circulaire ; à l'extrémité opposée, par une croupe. Les extrémités de la grande branche

Fig. 186.
Grand Palais des Champs-Élysées : Escalier d'honneur de la nef transversale. (*Phot. Larger.*)

sont des croupes sur plan courbe ; les intersections entre la coupole surbaissée du centre et les berceaux plein cintre des nefs se présentent sous l'aspect de courbes à double courbure.

Les pieds-droits métalliques des arcs de la charpente sont ornés de cornières à enroulements et de tôles à découpures.

A l'extrémité du petit bras s'élève un escalier de métal dont la décoration consiste en gerbes de cornières.

La partie intermédiaire offre un plafond porté sur des colonnes à chapiteaux en fonte de fer, et, dans le bâtiment qui longe l'avenue d'Antin, on trouve deux étages de galeries, un escalier monumental, et un grand vestibule montant du fond. L'escalier est double, à volées droites ; et le vestibule présente un plan elliptique et un décor Louis XV avec pilastres à panneaux d'onyx et dallage de mosaïque.

Les dimensions principales sont les suivantes :

Grand hall : longueur, 232 m. 90 ; largeur, 80 m. 40 ; largeur de la nef principale, 44 m. 50 ; largeur des galeries à double étage bordant le hall, 12 mètres.

Bâtiment longeant l'avenue d'Antin : longueur, 144 mètres ; largeur, 45 mètres.

Les architectes sont, sous la direction de M. Girault :

Pour le grand hall et les galeries qui l'entourent, M. Deglane ;

Pour la partie intermédiaire, M. Louvet ;

Pour la partie longeant l'avenue d'Antin, M. Thomas.

PALAIS DE L'ESPLANADE DES INVALIDES.

Les palais de l'Esplanade, constructions essentiellement temporaires, se développent à droite et à gauche d'une avenue de 33 mètres de largeur aboutissant au dôme des Invalides, et chaque moitié se subdivise en trois sections :

La première section (à droite et à gauche) à partir de la Seine est consacrée aux manufactures nationales ;

Les deuxième et troisième sont affectées aux expositions de mobilier : à gauche, expositions françaises ; à droite, expositions étrangères.

La surface totale occupée par les palais de l'Esplanade est d'environ 12,000 mètres carrés.

I. — Dispositions extérieures.

a. **Sections des Manufactures nationales.** — Les bâtiments des manufactures nationales forment deux masses exactement symétriques, encadrent une place séparée des palais des Champs-Élysées par le pont Alexandre III, et établissent une transition entre ces palais et l'avenue des Invalides. On a traité ces bâtiments dans un genre mixte, intermédiaire entre le style à colonnades des palais qui les précèdent et la fantaisie de ceux qui leur font suite.

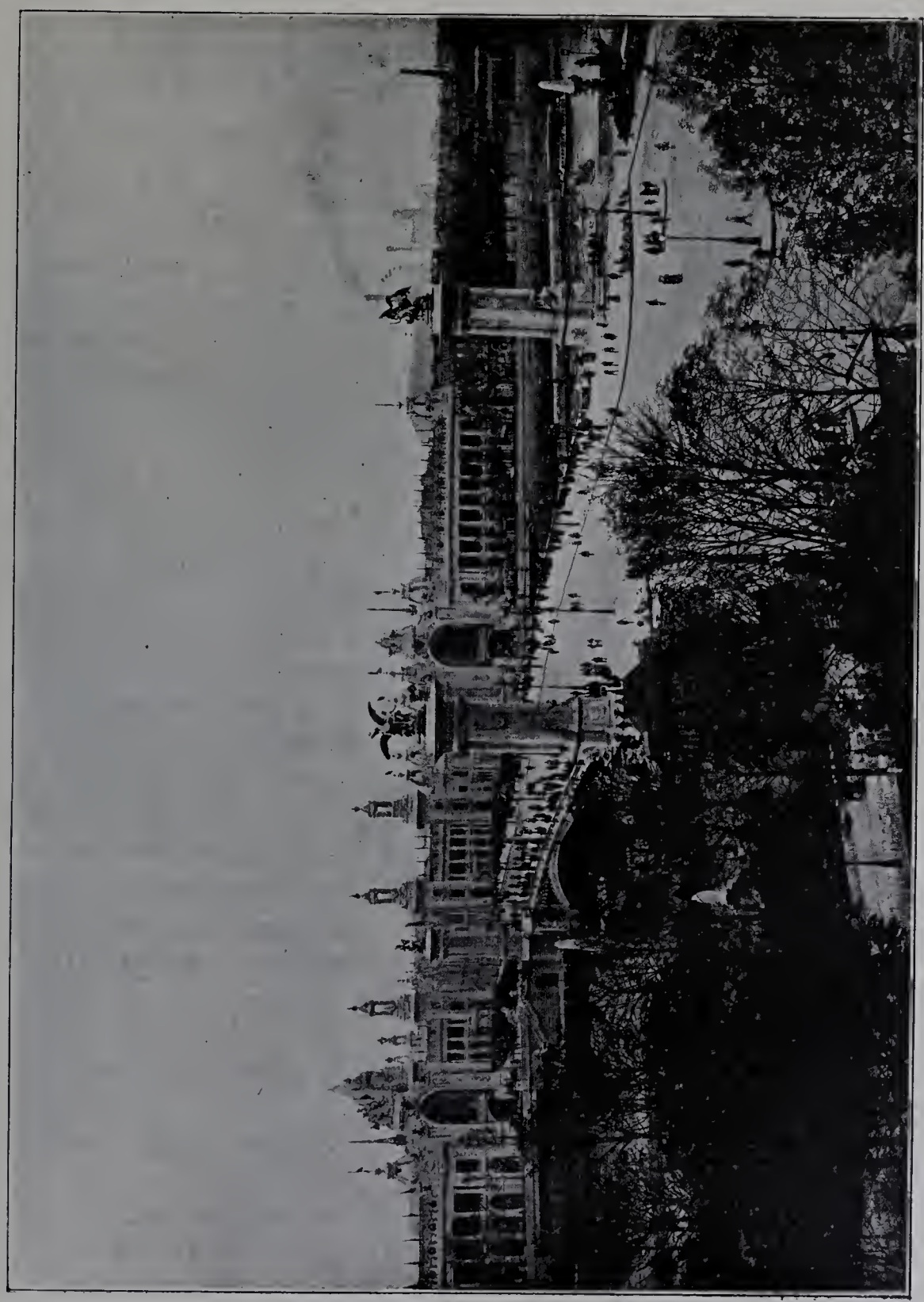


Fig. 187. — Pont Alexandre III et Palais de l'Esplanade des Invalides : Vue d'ensemble. (*Phot. Larger.*)

Les bâtiments des manufactures nationales présentent, dans la façade longeant la Seine et dans la partie en hémicycle qui fait raccord avec l'avenue des Invalides, des portiques à piliers carrés librement inspirés du corinthien ; ces piliers supportent un entablement et reposent sur de hauts piédestaux qui servent de retombées à des arcades. Les piédestaux et les arcades forment la décoration d'une galerie du rez-de-chaussée; le corps des piliers se détache sur une galerie de premier étage dont le fond est coloré en brun rouge.

Les deux principales entrées sont disposées en pan coupé, avec grandes voussures circulaires peintes, pinacles et groupes faisant amortissements.

Chacune des façades latérales qui encadrent la place est ornée de grands panneaux de peintures allégoriques, et bordée d'un portique à un étage surmonté d'une terrasse.

Au-dessus des portes et aux angles des façades, s'élèvent des tours carrées que surmontent tantôt des dômes portés par des cariatides, tantôt des couronnements à jour, constitués par des assemblages de consoles renversées. Partout les façades se découpent sur le ciel en lignes festonnées avec un appoint de couleur.

b. **Bâtiments en bordure de part et d'autre de l'avenue des Invalides.** — Les deux bâtiments, œuvres de deux architectes distincts, ne sont symétriques que dans leurs grandes masses. Voici les éléments communs aux deux façades :

Au centre, une entrée principale à voussure circulaire ;

De part et d'autre de ce motif central, quatre arcades à double étage ;

Puis une série d'arcades à un seul étage, portant des terrasses, dont les extrémités sont marquées par des pavillons carrés et les entrées par des dômes.

Sur ce canevas commun, chaque architecte a brodé des ornements d'après son goût personnel :

A gauche, les garde-corps des terrasses simulent des tapis jetés sur des balustrades en encorbellement, et les pavillons carrés les plus voisins du centre sont couronnés par des lanterneaux sur groupes de colonnes ;

A droite, les pavillons se terminent par de petits dômes élancés; les piles des arcades sont flanquées de colonnes ou de gaines sur lesquelles s'étalent des ornements de feuillage.

De part et d'autre les fonds des portiques sont décorés de peintures à tonalité claire.

c. **Section du fond de l'Esplanade.** — Avec les bâtiments du fond, la symétrie reprend :

Chacune des façades bordant l'avenue des Invalides présente trois grandes niches et s'encadre entre deux pylônes surmontés de clochetons ajourés. Les parements sont ornés de décors en relief; les fonds des niches et les panneaux des clochetons sont peints en vert clair avec touches d'or.

A l'arrière de ces bâtiments, en regard des Invalides se développent deux façades d'une architecture fleurie, avec guirlandes et vases se détachant sur un treillis vert,

et où s'enchâssent deux grandes frises de terre cuite représentant les travaux de l'industrie et de l'art.

II. — Dispositions intérieures.

a. **Bâtiment des manufactures de l'État.** — Le long de la Seine et sur les côtés de la place qu'encadrent les bâtiments des manufactures de l'État, règne une galerie unique, dont le comble est en fermes à treillis, et qui est subdivisée en deux étages par un plancher à panneaux de staff sur poutres à treillis. Deux escaliers en fer-béton donnent, de chaque côté, accès aux galeries du premier étage : l'un correspond au pan coupé de l'entrée, l'autre à l'hémicycle qui raccorde la place avec l'avenue des Invalides.

b. **Bâtiments en bordure le long de l'avenue des Invalides.** — 1° *Côté de gauche.* — A partir de l'hémicycle, le surcroît de largeur de l'édifice a permis de réaliser une disposition à trois nefs parallèles : une large nef centrale, flanquée de deux nefs latérales à double étage.

L'ensemble de la galerie se fractionne en trois tronçons, dont un correspond au milieu de la façade. Celui-ci est couvert par un comble transversal ; les deux autres, par des combles longitudinaux se terminant en croupes. Tous ces combles sont à fermes en treillis rompants.

A l'entrée du bâtiment et vers le milieu de chacun des deux tronçons longitudinaux sont établis des escaliers à limons métalliques.

2° *Côté de droite.* — Ce qui distingue, au point de vue de la disposition intérieure, le bâtiment de droite de celui auquel il fait pendant, c'est que sa nef centrale constitue, à proprement parler, une galerie continue dont le comble se prolonge sans interruption et n'est ni coupé par des galeries transversales, ni terminé par des croupes : on s'est contenté de marquer les principales divisions par des fermes plus riches, où un arc en treillis s'associe aux arbalétriers rampants et prend son appui sur des colonnes de retombée.

3° *Bâtiments du fond.* — Chacun des pavillons du fond est couvert par un toit pyramidal à arêtiers en treillis, et contient un grand escalier en béton à balustrades de fonte ornée.

Quelques cotes permettront d'apprécier l'importance de ce groupe de constructions :

Entre les extrémités de l'aile droite et de l'aile gauche des bâtiments des manufactures de l'État, l'intervalle est de 230 mètres.

Entre les extrémités des ailes de droite et de gauche des bâtiments du fond, la distance est de 125 mètres.

Développement des palais de l'Esplanade, mesuré suivant l'axe de l'avenue des Invalides : 465 mètres.

Largeur de chacun des palais qui bordent l'avenue : 45 mètres.

Ouverture de la nef centrale : 25 mètres.

Les architectes sont :

Pour le bâtiment des manufactures nationales : MM. Toudoire et Pradelle ;

Pour les bâtiments médians de l'Esplanade :

Côté gauche, M. Esquié ;

Côté droite, MM. Larche et Nachon ;

Pour les bâtiments du fond de l'Esplanade, M. Troppey-Bailly.

PALAIS DU CHAMP DE MARS.

Les bâtiments règnent sur trois côtés du Champ de Mars et portent, en allant de la Seine à l'École Militaire, les désignations suivantes :

a. Extrémité de gauche : Métallurgie.

a'. Partie faisant pendant à droite : Lettres et Sciences.

b. Corps du bâtiment de gauche : Fils et tissus.

b'. Bâtiment faisant pendant à droite : Génie civil et moyens de transport.

c. Le bâtiment de fond, formant façade terminale avec deux ailes en retour, comprend un château d'eau, les expositions des machines, de l'électricité, etc.

Chaque bâtiment fait saillie par rapport à celui qui le précède, et le décrochement est racheté par un pavillon en tour ronde.

Seul, le bâtiment du fond avec les deux ailes qui l'accompagnent est conçu sur un dessin symétrique; partout ailleurs, entre les bâtiments qui se font pendant, la symétrie n'existe que dans les masses.

I. — Dispositions extérieures.

a. **Section des Mines et de la Métallurgie.** — Le motif principal est une entrée établie sur l'angle et constituée par une gigantesque voussure accompagnée de deux tours rondes qui servent de cages à de grands escaliers. La voussure se détache sur un dôme vitré, et les tours qui la flanquent sont surmontées de petites coupoles.

Sur l'ensemble de la façade se développe un portique à grandes arcades, coupé à mi-hauteur par un plancher à balcon métallique. Chacune des travées de ce portique est couverte par une voûte simulée en forme de calotte sphérique. La voussure d'entrée et ses dômes sont ornés de cabochons; les tympans du portique, de peintures à fond vert; ses murs et ses voûtes, de peintures sur fond jaune clair.

a'. **Section des Lettres et Sciences.** — Le bâtiment faisant pendant (Lettres et Sciences) présente, lui aussi, une entrée en pan coupé avec grande voussure en forme de conque, accompagnée de tourelles à dômes élancés.

Le portique qui règne sur la façade est à double étage et présente une alternance d'arcades d'un dessin très libre, tour à tour larges et étroites, dont les tympans se découpent sur le ciel en lignes sinueuses.

La voussure est décorée d'ornements d'or, les dômes qui la flanquent sont bleu clair avec appoint d'or. Le portique inférieur est à fond jaune clair; le portique supérieur à fond rose.

b. **Sections des fils et tissus.** — Le bâtiment des fils et tissus présente comme motif central une grande voussure d'entrée, dont le fond est un hémicycle surmonté d'une demi-coupole, avec deux niches contenant des escaliers.

A droite et à gauche s'élèvent des massifs carrés avec amortissements en dômes ajourés.

Le corps de la façade est constitué par une rangée d'arcades, coupées par un plancher à balustrades métalliques, et couverte par des voûtes d'arête simulées.

L'extrémité de la façade, à l'endroit où elle se raccorde avec le bâtiment de la Métallurgie, est marquée par une tour ronde surmontée d'un dôme en riche plomberie, et autour de laquelle se développe un escalier à rampe de métal. Un grand luxe d'ornements en relief est déployé sur cette tour et sur le portique. Les fonds et les voûtes sont peints à tons jaune clair et bleu ciel.

b'. **Section du Génie civil et des moyens de transport.** — Le bâtiment en pendant (Génie civil) a, lui aussi, comme motif central une grande voussure dont le fond est un hémicycle avec escaliers logés dans des niches, mais ici la voussure s'encadre dans un tympan rectangulaire. Une loggia à jour couronne ce tympan et est accompagnée de deux pavillons d'angle couverts de petits dômes sur plan carré.

Comme dans la partie en regard, la façade est constituée par des arcades embrassant deux étages; mais ici une haute frise à figures s'interpose entre les arcades et la corniche: le sujet est l'histoire des moyens de transport. Le fond de la frise est vert clair; l'ensemble des parements est orné de bandes simulant une construction par assises alternativement bleu et jaune clair.

La tour ronde qui marque la délimitation entre cette section et celle des Lettres sert de cage à un escalier en ciment, et est surmontée d'une loggia à petites colonnes portant un dôme vitré à tonalité verte avec ornements jaune sombre.

c. **Bâtiments du fond.** — Le centre de la façade, dans l'axe du Champ de Mars, est occupé par une conque gigantesque en forme de niche, décorée d'ornements de rocaille, de niches secondaires et de groupes.

A droite et à gauche s'élèvent de vigoureux massifs, flanqués de quarts de tours que surmontent des dômes à riches ajours.

La conque sert de cadre à un étagement de vasques faisant comme des degrés où l'eau d'une cascade se déverse en nappes pour aboutir à un grand bassin d'où émergent des jets d'eau.

IMPRIMERIE NATIONALE.

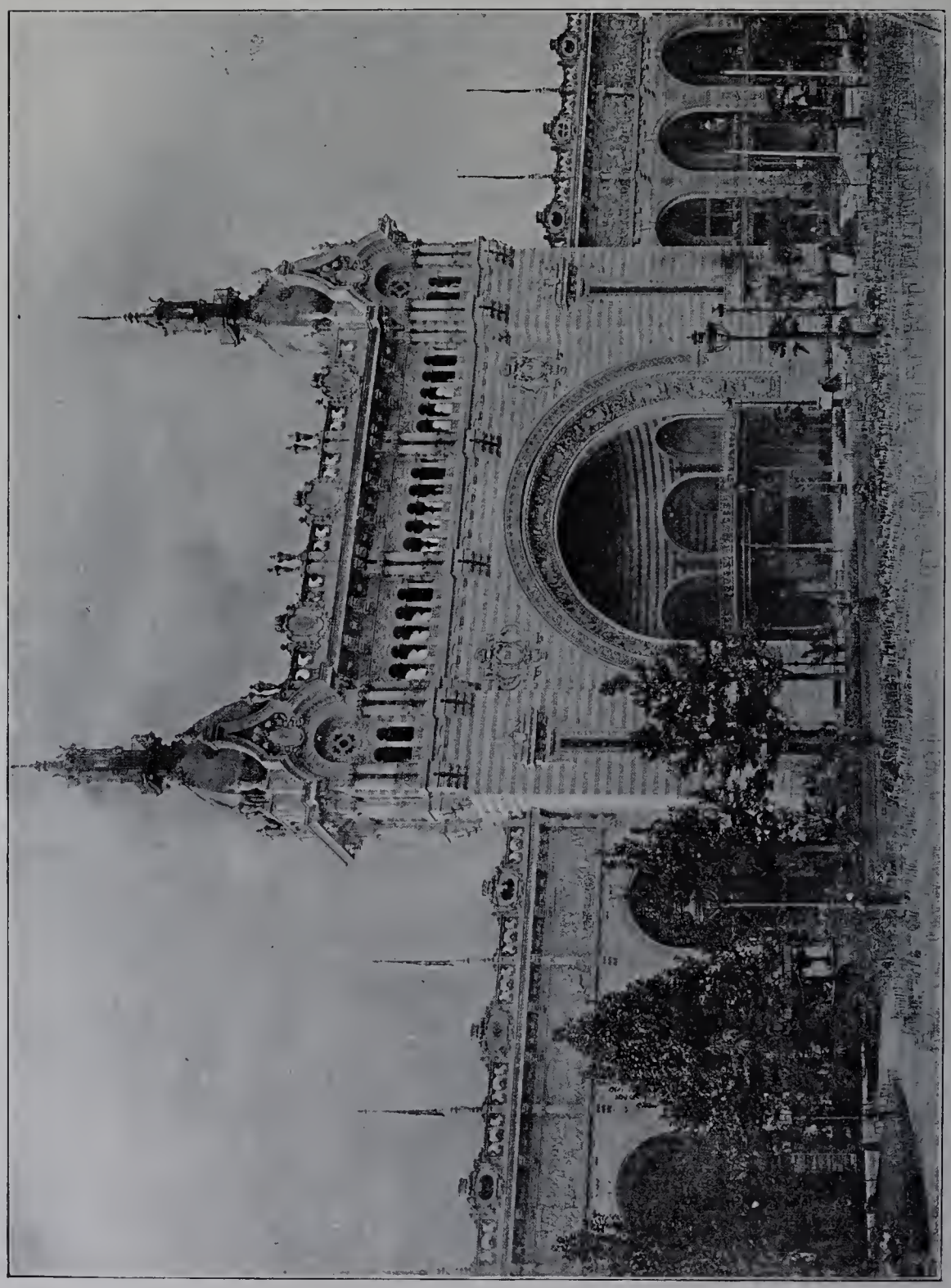


Fig. 188. — Palais du Champ de Mars : Bâtiment du Génie civil (entrée principale). (*Phot. Larger.*)

Fig. 189. — Palais du Champ de Mars : Bâtiments du fond. (*Phot. Larger.*)

Derrière la chute d'eau se découpe sur le ciel un mur de fond en forme de pignon courbe, terminé par une crête ajourée, sorte de dentelle de zinc.

De part et d'autre de la conque centrale se développe l'ordonnance courante de la façade de fond et des deux ailes en retour. C'est un portique à double étage : l'étage inférieur, à plafond sur arcades surbaissées; l'étage supérieur, à arcades plein cintre avec voûtes simulées en forme de calottes sphériques sur pendentifs d'une tonalité où domine le jaune.

A chacun des angles rentrants, une travée est disposée en pan coupé. Des pavillons contenant des escaliers terminent les ailes en retour. Chacun d'eux présente l'aspect d'une tour ronde avec une baie à double étage, qui s'oriente à 45 degrés et dont le couronnement est un fronton à lignes sinueuses.

Les membres principaux de la décoration, la crête à jour, les vasques des chutes d'eau, les dessous des corniches sont combinés en vue d'un éclairage électrique.

II. — Dispositions intérieures.

a. **Section des Mines et de la Métallurgie.** — Le bâtiment des Mines et de la Métallurgie comprend trois grandes nefs, dont deux de 27 mètres et une de 18 mètres. Sur les rives et entre les grandes nefs règnent des galeries à double étage, dont les largeurs sont : pour la galerie de rive extérieure, 18 mètres; pour les trois autres, 9 mètres.

L'entrée biaise donne accès aux nefs par l'artifice de distribution suivant : un premier vestibule circulaire conduit à une grande salle en forme de carré à angles abattus; une des faces du carré sert de départ à la nef centrale; des deux angles partent des tronçons de galeries qui aboutissent, en passant sous des escaliers, aux deux nefs latérales.

Les fermes des nefs sont composées d'arcs à treillis en anse de panier surbaissée; la salle qui leur sert de départ est couverte d'un comble en pavillon à arêtiers en treillis; la coupole du vestibule circulaire présente une ossature métallique apparente avec décor à larges dessins sur fond jaune clair et panneaux de vitrage.

a'. **Section des Lettres et Sciences.** — De l'entrée biaise, on arrive par un vestibule plafonné à une salle octogone, servant de départ aux galeries et contenant un grand escalier.

Une des faces de l'octogone donne accès à la galerie centrale; des branchements permettent d'accéder aux galeries latérales.

La salle octogone est à charpente apparente et présente un décor simulant une végétation se développant sur les mailles mêmes de la charpente.

Pour la charpente métallique des galeries, on a adopté des fermes à treillis dont la semelle inférieure est en ogive.

b. **Section des Fils et Tissus.** — L'entrée principale (porte Rapp) est marquée par une galerie transversale avec dôme à charpente métallique en arc de cloître, surmonté d'un lanterneau.

Le corps de l'édifice est à trois nefs parallèles, avec galeries séparatives et galeries de bordure à double étage.

La charpente est à fermes plein cintre en treillis métallique.

Chacune des trois grandes nefs présente une ouverture de 27 mètres; les deux galeries de rives ont chacune 18 mètres, et les deux galeries intermédiaires 9 mètres.

Un escalier à double rampe, à longerons de fer, est établi sous le dôme de la galerie transversale; les galeries longitudinales sont desservies par d'autres escaliers situés sur la rive extérieure de l'édifice.

b'. **Section du Génie civil et des Moyens de transport.** — Ici les dispositions intérieures se distinguent par les particularités suivantes :

Au centre, un grand escalier à double volée et rampes métalliques;

Point de dôme sur la travée centrale;

Partout des fermes à cantilever : fermes à treillis, dont les deux semelles sont courbes et supportent en encorbellement un lanterneau léger.

c. **Ailes du bâtiment du fond, occupées par les Industries chimiques et la Mécanique.** — Dans ces bâtiments nous retrouvons des fermes à cantilever, dont le principe est le même que celui des fermes qui viennent d'être décrites, mais dont les semelles sont droites. A chaque extrémité le comble se termine en croupe.

d. **Bâtiment du fond du Champ de Mars.** — Derrière le château d'eau règne une galerie affectée aux expositions d'électricité, et dont la charpente est constituée dans son ensemble à l'aide de fermes provenant de la galerie de 20 mètres de l'Exposition de 1889. Ces fermes se distinguent de celles qui ont été construites pour la nouvelle exposition, par la matière dont elles sont faites et par la couleur dont elles sont peintes. Tandis que les fermes nouvelles sont d'acier et peintes en vert clair, celles-ci sont de fer et peintes en brun rouge.

Au centre, entre deux pignons, la charpente est constituée par des pannes d'acier à treillis décoratifs, portant des arbalétriers rampants.

e. **Bâtiment des chaudières et cheminées.** — A l'arrière de la galerie de l'électricité se développe, dans une sorte de cour oblongue, le bâtiment des chaudières, hangar à comble métallique très léger, sans aucune recherche d'effet.

Comme annexe à ce bâtiment et pour donner évacuation aux fumées des foyers, nous trouvons les cheminées d'appel, au nombre de deux, une à chaque extrémité.

La hauteur de ces cheminées dépasse 80 mètres; leur diamètre intérieur est de 6 m. 20 à la base et 4 m. 50 au sommet. Elles sont exécutées avec toutes les recherches que comporte la construction en briques et terres cuites émaillées.

f. **Salle des Illusions et salle des Fêtes.**— Au centre de l'espace dont les extrémités sont occupées par les bâtiments des chaudières, se présente la salle dite des *Illusions*. C'est une construction sur plan hexagonal, toute revêtue de glaces où se répète, par un effet de kaléidoscope, un riche décor de style arabe, à voûtes en stalactites où jouent les applications d'or et les effets de la lumière électrique.

La salle des Illusions, accessible de la terrasse du château d'eau, est en réalité un salon d'honneur placé en avant de la grande salle des Fêtes.

La salle des Fêtes occupe le milieu de l'ancienne Galerie des machines, aujourd'hui subdivisée en trois tronçons dont les deux extrêmes servent aux expositions alimentaires et agricoles.

La salle des Fêtes est entièrement logée sous la toiture de l'ancienne galerie. Son squelette métallique est totalement reporté à l'extrados, et voilé sous un revêtement décoratif, le tout abrité par les toitures existantes.

La salle se présente sous l'aspect d'une rotonde de 90 mètres de diamètre, comprise dans un carré de 115 mètres de côté. La partie centrale est surmontée d'un dôme; les angles du carré sont occupés par des amphithéâtres, et séparés de la rotonde centrale par de simples arcades à piliers de fonte.

La partie supérieure du dôme est occupée par une verrière colorée à larges dessins; et sur la zone non vitrée se développent des panneaux de peinture accompagnés d'ornements en relief et de médaillons de staff à sujets symboliques. La coloration générale est à tons clairs avec accessoires dorés; les fonds des amphithéâtres se détachent par une tonalité brun rouge.

La salle contient, en outre, une tribune et, en regard de cette tribune, un grand escalier qui rachète la différence de niveau entre la salle et la plate-forme du château d'eau.

Nous compléterons cette revue des bâtiments du Champ de Mars par l'indication des cotes d'ensemble qui peuvent donner une idée de leur importance :

Longueur totale des bâtiments mesurée suivant l'axe du Champ de Mars : 780 mètres :
Largeur totale : 420 mètres;
Profondeur du groupe des bâtiments du fond : 230 mètres;
Largeur moyenne de chacune de ses deux ailes latérales : 125 mètres.

Les architectes sont :

MM. Varcollier (*Mines et Métallurgie*);
Sortais (*Enseignement, Lettres et Sciences*);
Blavette (*Fils et Tissus*);
Hermant (*Génie civil*);
Paulin (*Château d'eau et ailes des Industries chimiques et de la Mécanique*);
Hénard (*Électricité*);
Raulin (*Salle des Fêtes*).

PAVILLONS D'EXPOSITION INDÉPENDANTS DES GRANDS PALAIS.

En dehors des grands palais qui viennent d'être décrits, il existe une série de pavillons isolés affectés à des expositions, et un groupe de pavillons que les puissances étrangères ont élevés comme sièges de leurs commissariats ou comme spécimens de leurs architectectures nationales; enfin, un ensemble de fabriques destinées à caractériser soit des sites naturels, soit des groupes d'habitations étrangères.

Passons en revue les pavillons proprement dits d'exposition : en premier lieu, ceux qui occupent la rive gauche de la Seine; en deuxième lieu, ceux de la rive droite.

Bâtiment des Armées de terre et de mer. — Ce pavillon se développe le long de la berge de la rive gauche de la Seine, sur tout l'espace compris entre les ponts de l'Alma et d'Iéna.

Il repose sur une plate-forme en béton armé éprouvée à 1,500 kilogrammes de charge par mètre carré.

Les constructions en élévation sont à squelettes de bois, planchers de fer et de bois et revêtements en planches de plâtre et roseaux, avec ornements de plâtre sur métal déployé. L'emploi du bois s'est imposé par une double considération : les délais et l'encombrement des usines de construction métallique.

Le corps central présente une grande arcade à parois ornées de peintures sur fond d'or.

L'ensemble de la façade est à arcades décorées de riches panneaux de ferronnerie dorée, et se termine à une extrémité par une sorte de donjon contenant un escalier à rampes droites; à l'autre extrémité, par une tour ronde contenant un escalier à vis surmonté d'un dôme à jour.

Les couronnements des façades rappellent les créneaux sur machicoulis de l'architecture militaire du moyen âge.

Les architectes sont MM. Auburtin et Umbdenstoeck.

Près de ce bâtiment s'élèvent les pavillons militaires de la Russie, de la Grande-Bretagne et de la Belgique. Le pavillon russe est en bois simulant une construction par troncs d'arbres superposés; celui de l'Angleterre est en forme de tourelles cuirassées.

Au même groupe appartient le pavillon du Creusot, simulant une coupole blindée avec ses bouches à feu. La charpente de cette coupole est constituée par une série de demi-fermes en treillis butant contre une boule métallique qui correspond au sommet du dôme.

Pavillon de la Navigation commerciale. — Le pavillon de la Navigation commerciale, construit entièrement en bois, présente le long des berges de la Seine une ordonnance de grandes arcades reposant sur une rangée d'arcades de soubassement, et se termine à une extrémité par un phare, à l'autre par une proue de navire sous laquelle a été établi le principal escalier.

La décoration de staff emprunte ses motifs à des emblèmes marins.

A l'intérieur, la galerie principale ainsi qu'une salle carrée à angles abattus sont couvertes de charpentes légères entièrement apparentes.

Les architectes sont MM. Tronchet et Rey.

Au voisinage de ce pavillon sont ceux de la Navigation allemande, de la Marine des États-Unis et des Messageries maritimes.

Le premier est une construction en pans de bois d'architecture germanique, surmontée d'un phare; le deuxième, un pavillon d'architecture sévère avec échauguettes; le troisième, un édifice à bois apparents surmonté d'un comble en ardoises qui rappelle une carène renversée.

Pavillon des Forêts, Chasse, Pêche et Cueillettes.— Le pavillon des forêts, reposant en grande partie sur un tunnel, est une construction légère entièrement en charpente. Il comprend trois galeries accolées l'une à l'autre et une galerie annexe.

Deux des galeries principales communiquent entre elles par un arc en sapin de 21 m. 50 d'ouverture sur 11 mètres de flèche, dont les tympans sont combinés pour concourir à la résistance.

Les combles sont à fermes de sapin apparentes, et les planchers sont portés par des poutres américaines.

L'entrée principale est accompagnée de figures et attributs symbolisant la chasse et la pêche. Les façades des grandes galeries présentent une décoration à larges travées vitrées reposant sur un étage de soubassement; et les angles, disposés en pan coupé, sont surmontés de petits dômes.

Les galeries annexes sont plus simplement ornées et dépourvues d'arcades de soubassement.

Cet édifice est dû aux mêmes architectes que celui de la Navigation commerciale : MM. Tronchet et Rey.

Au voisinage sont situées les expositions des produits forestiers de la Hongrie et de l'Amérique, constituées en grande partie à l'aide d'échantillons de bois formant des combinaisons architecturales.

Nous passons aux bâtiments d'exposition situés sur la rive droite de la Seine.

Pavillon de la Ville de Paris. — Le pavillon de la Ville de Paris présente en son centre un grand hall dont le pourtour est bordé de galeries à double étage.

Il est tout entier exécuté en charpente à bois apparents, et surmonté de combles à pentes raides et formes accidentées. Le milieu de la façade principale est marqué par un avant-corps orné des écussons des anciens corps de métiers.

L'architecte est M. Gravigny.

Bâtiments de l'Horticulture. — Aux produits horticoles sont consacrées des serres à fermes métalliques en treillis, de profil ogival, flanquées d'absidioles vitrées.

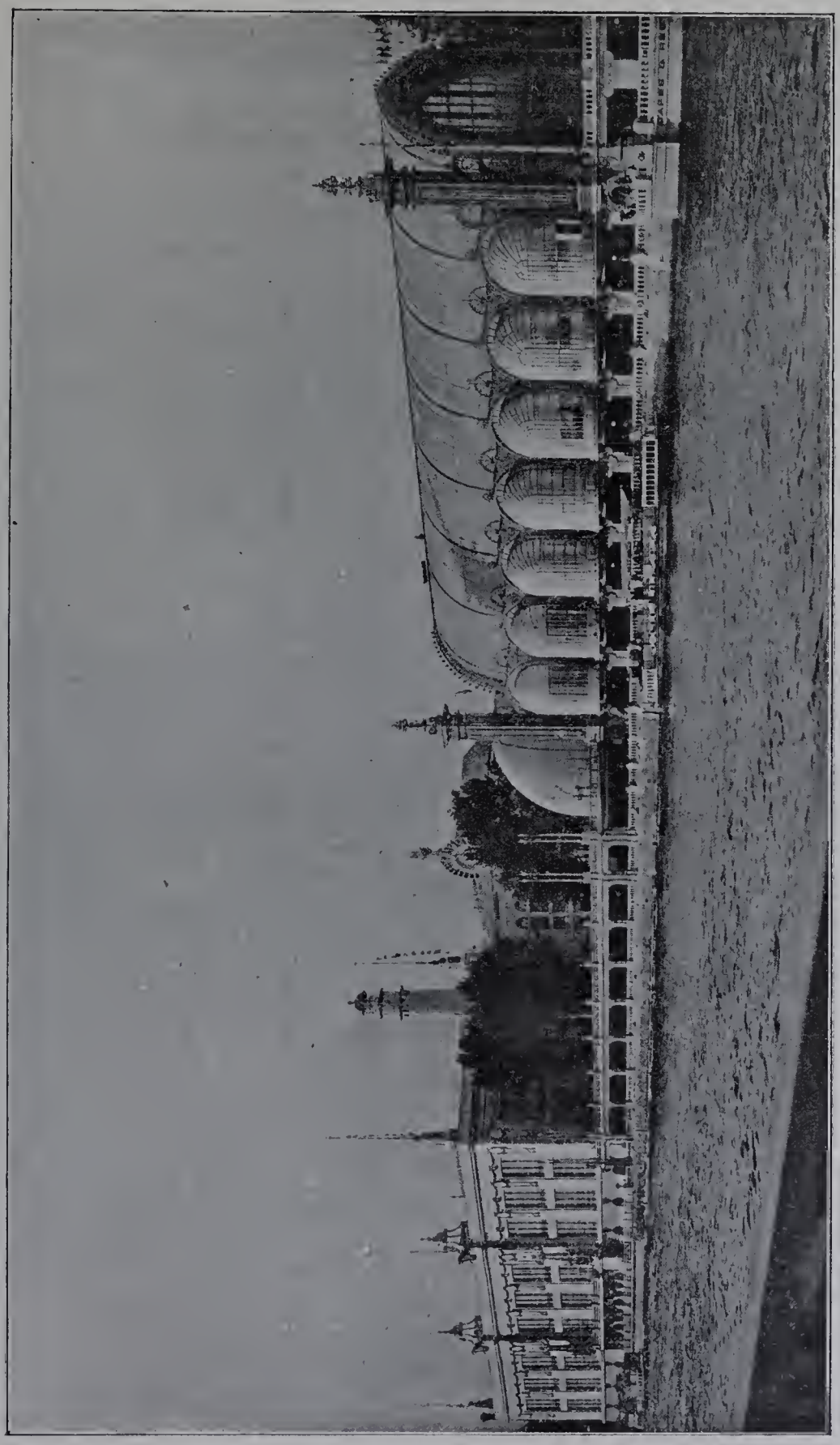


Fig. 190. — Serres du Cours-la-Reine. (*Phot. Larger.*)

Tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, la charpente métallique est accompagnée de treillis verts à dessins variés, formant panneaux ou simulant des vases et des pylônes.

La construction repose sur une fondation exécutée par compression du sol, et sur une plate-forme de béton armé formant encorbellement le long de la Seine. Cette plate-forme a été éprouvée sous une charge de 3,000 kilogrammes par mètre carré

L'architecte est M. Gautier.

L'exposition du matériel agricole est établie dans une galerie de charpente présentant un promenoir intérieur en forme de balcon, et décorée extérieurement de mâts, de vergues et de pylônes en treillis vert.

Pavillons des Congrès et de l'Économie sociale. — Le pavillon présente à sa partie centrale un grand vestibule d'où partent deux escaliers droits et autour duquel se groupent : à rez-de-chaussée les salles d'exposition de l'Économie sociale, au premier étage les salles d'assemblée des Congrès.

La construction est tout entière en charpente, et le décor conçu dans le genre Louis XVI.

L'architecte est M. Mewez.

Citons enfin :

Sur la rive droite de la Seine, le pavillon des Chambres de commerce maritimes, construction en pans de bois avec contreforts extérieurs.

Sur la rive gauche, le pavillon de la Compagnie des Eaux, une des rares applications du système à charpentes métalliques avec panneaux de terre cuite ;

Le pavillon de la Chambre de commerce de Paris, édifice de style Louis XV ;

Celui des Tabacs français, de style moderne, avec décors extérieurs de peinture;

Au Trocadéro, le pavillon des Missions catholiques, grande salle précédée d'une voussure d'entrée monumentale.

A l'Esplanade des Invalides, des pavillons affectés aux expositions des principaux magasins de nouveautés de Paris.

PAVILLONS OFFICIELS DES NATIONS ÉTRANGÈRES.

Les pavillons officiels des puissances étrangères se groupent pour la plupart le long d'une rue dite *des Nations,* longeant la berge de rive gauche de la Seine, et sont en général conçus suivant un style rappelant les édifices les plus caractéristiques des nations qu'ils représentent.

Nous les passerons en revue dans l'ordre où ils s'offrent au visiteur.

Italie. — L'Italie est représentée par un grand édifice dont les ornements sont empruntés à la riche architecture vénitienne de l'époque qui précède la Renaissance. La travée centrale et les travées extrêmes de la façade sont ornées de verrières à rosaces

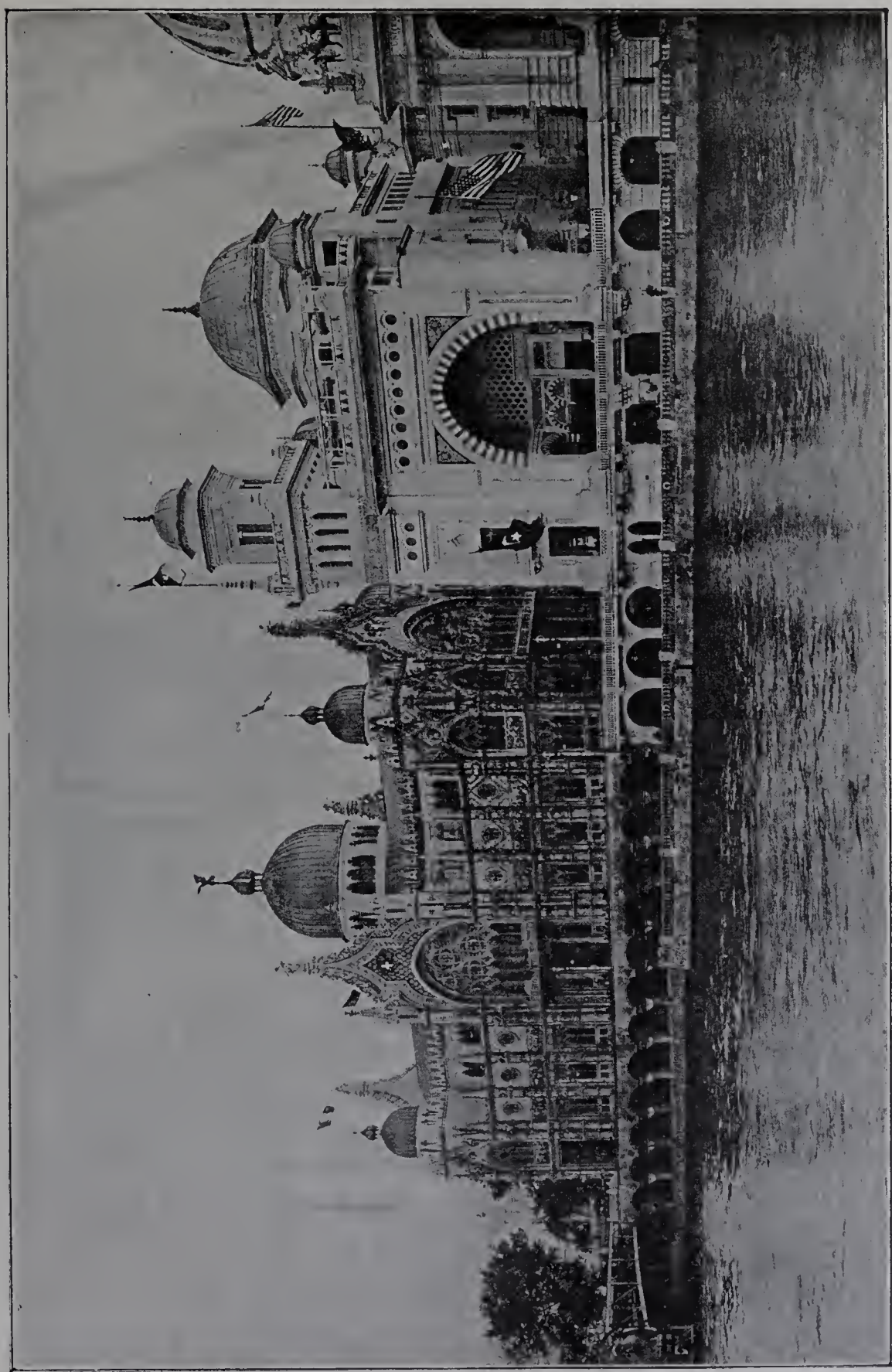


Fig. 191. — Pavillons étrangers du quai d'Orsay (partie amont). (*Phot. Larger.*)

lobées que surmontent des gâbles à contre-courbes. La façade elle-même présente à rez-de-chaussée une claire-voie continue. Une dentelure à jour règne au sommet des murs, et cinq dômes se dressent au-dessus de l'édifice : quatre aux angles, un au milieu Les dômes sont dorés, les gâbles ornés de peintures rehaussées d'or, et une frise à personnages sur fond d'or règne sur tout le pourtour.

L'intérieur présente l'aspect d'une nef à ciel doré, bordée de galeries à double étage auxquelles on accède par deux escaliers situés aux extrémités.

Les architectes sont MM. Ceppi, Salvadori et Gilodi.

Turquie. — Le pavillon ottoman emprunte les principaux éléments de sa décoration aux monuments de la Turquie. L'entrée principale occupe le fond d'une grande arcade en ogive encadrée d'un tympan rectangulaire et flanquée d'une grosse tour. Les faces latérales sont bordées de deux étages de portiques, et l'ensemble est surmonté d'un dôme à tambour ajouré. Les arcs présentent des voussoirs à colorations alternantes; le portique d'entrée et les principaux membres de l'architecture sont richement ornés de peintures et d'ors.

Les galeries intérieures sont aménagées en vue de présenter dans leur activité les principales industries ottomanes.

Architecte : M. Dubuisson.

États-Unis. — L'entrée du pavillon des États-Unis offre l'aspect d'un arc de triomphe sous lequel s'élève la statue équestre de Washington, et que surmonte un quadrige doré.

L'édifice est conçu suivant le style classique, avec façade à trois étages couronnés de frontons; au centre se détache un dôme élancé, au-dessus duquel plane un aigle.

L'intérieur présente au centre un vestibule et un escalier d'honneur; sur ses rives, les salons du commissariat, et toute une série de pièces où les visiteurs se trouvent comme transportés au milieu des institutions et des recherches du bien-être américain.

Architectes : MM. Coolidge et Morin-Goustiaux.

Danemark. — Le pavillon du Danemark donne l'idée des maisons qui s'élevaient vers le XVIe siècle sur les bords de la Baltique : la construction est à pans de bois, avec équerres massives s'opposant au *roulement* des pièces de la charpente. Partout les bois sont apparents et sculptés. Les combles sont à hauts pignons, couverts de tuiles, et à larges avant-toits. Un clocheton domine la toiture. L'intérieur est aménagé suivant le plan même des vieilles habitations danoises.

Architecte : M. Koch.

Autriche. — Le pavillon autrichien est inspiré par l'architecture mouvementée et à grands effets qui était en honneur à Vienne au commencement du XVIIIe siècle.

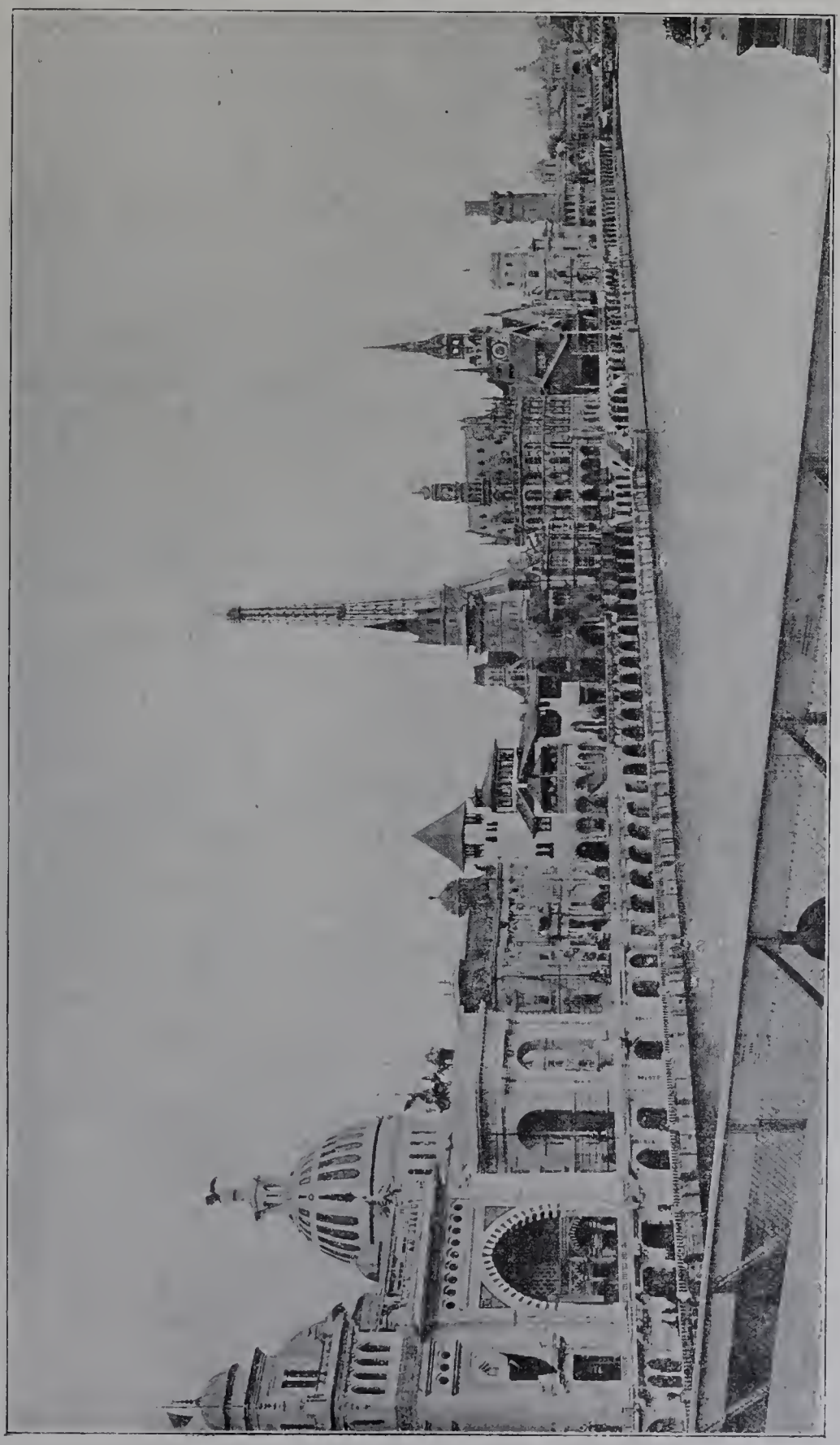


Fig. 192. — Pavillons étrangers du quai d'Orsay (partie aval). (*Phot. Larger.*)

Les façades sont à deux étages de pilastres, et présentent aux angles des avant-corps dont un est couronné par un dôme. Des fontaines et deux groupes de chevaux accompagnent cette ordonnance.

A l'intérieur règne un vestibule dont le fond est occupé par un somptueux escalier conduisant aux appartements de réception et à des expositions d'art national.

Architecte : M. Baumann.

Portugal. — Le pavillon du Portugal est à la fois une représentation nationale et un bâtiment d'exposition. C'est une construction d'architecture moderne, en charpente à bois apparents, où les principaux ornements sont une frise peinte, des décorations de cordages symbolisant les industries maritimes auxquelles le pavillon est en partie affecté; et, le long de la façade, une bordure en mosaïque portugaise.

Architecte : M. Ventura Terra.

Bosnie-Herzégovine. — Le pavillon, conçu dans un style oriental, offre un pittoresque arrangement de portiques à arcades légères, et de balcons à moucharabyehs. Il est dominé par une tour carrée et surmonté d'un lanterneau éclairant une salle principale où les diverses industries s'exercent sous les yeux des visiteurs. Les autres pièces donnent l'idée des intérieurs bosniaques.

Architecte : M. Panek.

Pérou. — Le pavillon péruvien, qui doit être démonté et transporté à Lima, est un des rares édifices de ce groupe exécuté en matériaux durables. On y a fait usage de pierres factices permettant d'obtenir par moulage les effets de la sculpture. La façade est largement ajourée et couronnée de balustrades avec mâts portant des bannières. Un dôme s'élève au centre et des tours carrées se dressent aux deux extrémités. Le style est celui du temps de la Renaissance.

Architecte : M. Gaillard.

Hongrie. — La Hongrie s'est attachée à donner dans son pavillon un spécimen des divers styles de son architecture depuis la période romane jusqu'au xviiie siècle.

L'extérieur présente un pittoresque groupement de fragments dont voici les principales provenances :

Pour le moyen âge, les chapelles de Coütörtökhely, de Jaak, de Gynlafehérvar; la salle des Chevaliers de Vajda-Hunyad, le beffroi de Kormacz;

Pour la Renaissance, les hôtels de ville de Bartfa et de Locse;

Pour le xviiie siècle, l'église serbe de Budapest et l'hôtel Klobusiczy.

L'intérieur présente une cour en forme de cloître roman; une salle inspirée par celle de Vajda-Hunyad, s'ouvrant sur une chapelle dont le mobilier appartient au moyen âge; une salle consacrée au souvenir des hussards hongrois; tout un ensemble de ga-

leries ornées de peinture d'un effet simple et franc, où les richesses des musées hongrois trouvent un cadre en harmonie avec leur caractère.

Architectes : MM. Balint et Jambor.

Perse. — Les éléments de la décoration sont empruntés au palais d'Ispahan. Les murailles sont revêtues de faïences à fonds bleus. La porte principale est en ogive persane encadrée dans un tympan rectangulaire; elle donne accès à une salle du trône où se déploie tout le luxe des tentures asiatiques. L'édifice est surmonté de terrasses partiellement abritées par deux kiosques dont les piliers sont revêtus de miroirs à facettes. Des vitraux ornés d'inscriptions à l'honneur de la France complètent la décoration.

Architecte : M. Ph. Mériat.

Grande-Bretagne. — Le pavillon de la Grande-Bretagne est conçu sur le modèle d'une riche habitation anglaise du xvie siècle : on y trouve ces avant-corps polygonaux qui donnent accès aux rayons solaires, les toits raides appropriés au climat britannique, une décoration où les formes de la Renaissance s'associent à une donnée générale encore gothique et essentiellement anglaise. L'intérieur reproduit la distribution d'une demeure seigneuriale avec son mobilier et ses œuvres d'art. Les principaux éléments proviennent du château de Kingston House.

Architecte : M. E. L. Lugtens.

Luxembourg. — Le pavillon du Luxembourg est l'imitation d'une résidence grand-ducale d'Arlon : un édifice à toits raides, à grandes lucarnes, d'un style encore imprégné de l'esprit de la Renaissance, un type de l'art luxembourgeois au cours du xviie siècle.

Architecte : M. Vaudoyer.

Belgique. — La Belgique a adopté pour modèle de son pavillon l'hôtel de ville d'Audenarde, une des plus élégantes productions de l'art des Flandres à l'issue du moyen âge : le style est un gothique fleuri d'une prodigieuse richesse.

L'édifice est à trois étages : au rez-de-chaussée la façade est bordée d'un portique sur arcades ogivales; aux deux étages supérieurs règnent des baies à meneaux se découpant sur des parois entièrement couvertes de sculptures. Au centre s'élève un beffroi que termine une couronne ajourée. Des combles raides, à pignons et grandes lucarnes, complètent la décoration extérieure.

A l'intérieur, on s'est attaché à reproduire les distributions de l'édifice original, ses couloirs, ses lambris, ses grandes cheminées, son vieil escalier, ses vigoureuses peintures décoratives.

Architectes : MM. Acker et Maukels.

Norvège. — Le pavillon norvégien est une construction entièrement en charpente, apportée de toutes pièces, et reproduisant les traits caractéristiques de l'art scandinave.

A l'extérieur les parois sont revêtues d'un lambrissage à ton brun rouge sur lequel se développe une frise en découpures vertes dont les sujets sont empruntés à la faune locale. Des gâbles hardis, des clochetons, une balustrade en encorbellement complètent l'aspect extérieur.

A l'intérieur, l'édifice est couvert d'une charpente légère entièrement apparente et dont les dispositions sont entièrement empruntées aux traditions scandinaves.

Architecte : M. Sinding Larsen.

Finlande. — La donnée du pavillon finlandais est une chapelle avec abside et tour dressée à la croisée des nefs. Les portes, en arcades ogivales sans pieds-droits, sont revêtues d'un riche décor emprunté aux architectures septentrionales du moyen âge. Les combles sont raides, les toitures saillantes, la corniche décorée de sujets du règne animal.

A l'intérieur les nefs sont couvertes de charpentes apparentes, et des peintures à tonalité très franche relèvent les principales parties de la composition.

Architecte : M. Gesellius Lindgren.

Allemagne. — Le pavillon allemand est traité d'après le style des maisons seigneuriales du XVIe siècle, et en particulier de celles de Nürenberg.

Sa silhouette générale est encore gothique, les éléments de la Renaissance trouvent place seulement dans le détail de l'ornement.

Sur les murs se détachent des balcons couverts; les façades se terminent par des pignons aigus à arêtes dentelées. Sur un angle se dresse une tour flanquée d'échauguettes et surmontée d'un clocheton élancé. Sur les panneaux se développent des décorations peintes à tonalité vigoureuse et profonde.

A l'intérieur, la plupart des salles participent au style des façades, sauf les salons où figurent, dans le même cadre qu'à Postdam ou à Sans-souci, les œuvres d'art des collections de Frédéric II.

Architecte : M. Radke.

Bulgarie. — La Bulgarie est représentée par un pavillon d'une architecture moderne à laquelle s'adaptent des accessoires de sculpture et de coloration librement puisés à des sources orientales.

L'édifice est à deux étages et surmonté d'une terrasse. Sa porte principale est encadrée d'une haute voussure; aux deux côtés de cette porte et aux angles de l'édifice s'élèvent des pylônes carrés surmontés de clochetons à jour.

Architectes : MM. Saladin et Sevelniges.

Espagne. — Le pavillon de l'Espagne est un spécimen de la meilleure Renaissance espagnole. Les ornements de la façade ont été pour la plupart moulés sur ceux des palais d'Alcala de Henares. Les angles sont marqués par des avant-corps en forme de tours carrées, d'une architecture à la fois libre, vigoureuse et correcte. Une de ces tours, pla-

cée en vedette, présente à rez-de-chaussée un passage voûté dont les arceaux retombent sur des cariatides du plus grand style.

A l'intérieur est un patio à deux étages d'arcades, d'une architecture aussi riche qu'harmonieuse et puissante. Les salles présentent une ornementation sobre qui fait valoir les magnifiques tentures auxquelles elles servent de cadre.

Architecte : M. Urioste y Valadaa.

Roumanie. — Pavillon offrant comme un résumé de l'architecture de la Roumanie. Les façades simulent une construction par assises alternatives de matériaux diversement colorés; la porte principale présente une ordonnance et une polychromie propres aux provinces roumaines. Au-dessus de l'entrée latérale se présentent des baies encadrées dans un fronton demi-circulaire; au centre s'élève une coupole principale; et les façades extrêmes sont couronnées de dômes à tambours élancés, qu'accompagnent des dômes secondaires dont les pieds-droits s'infléchissent en spirales.

Architecte : M. Formigé.

Monaco. — Le pavillon de Monaco se compose d'un corps principal d'architecture italienne du XVIIIe siècle, flanqué d'un donjon gothique. Le donjon est à crénelages et machicoulis. La façade présente un soubassement à refends sur lequel se dresse un portique à arcades. Des corps carrés marquent les angles et s'élèvent d'un étage au-dessus du reste de la construction. Les fonds des portiques sont colorés, et les détails de leur architecture rehaussés de figures peintes.

Architectes : MM. Marquet et Méduin.

Suède. — Le pavillon suédois est une construction en charpente entièrement revêtue de bardeaux. A l'avant se présente un porche; au-dessus de l'entrée principale et à l'arrière de l'édifice se dressent deux tours reliées par une passerelle. La tour antérieure, la plus élevée, est à jour et présente à ses quatre angles quatre tourelles environnées de torsades. Cette tour porte un balcon en saillie et a pour couronnement un dôme flanqué de clochetons. Un autre dôme couvre la salle principale.

Architectes : MM. Holtau Balint, L. Jambor et Boberg.

Grèce. — Le pavillon de Grèce, destiné à être transporté à Athènes, offre à l'extérieur l'aspect général d'une église byzantine : une coupole en occupe le centre et des portiques sur colonnes de marbre en précèdent les principales entrées.

Les murs sont entièrement revêtus de terres cuites rouges dont les assises sont séparées par des bandes de briques bleues émaillées.

L'intérieur présente une combinaison de piliers en fer ouvré, de combles en charpenterie légère et de vitraux à tons d'opale avec sertissures de plomb formant de riches dessins.

Architecte : M. Magne.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Serbie. — C'est aussi d'une inspiration byzantine que procède le pavillon serbe.

Le long de la façade principale règne un portique sur colonnes; les angles de l'édifice sont marqués par des coupoles aplaties, et au centre s'élance une coupole principale portée sur un tambour ajouré.

Le jeu de matériaux de nuances diverses, et de vigoureuses colorations complètent l'effet de l'ordonnance.

Architecte : M. Baudry.

Mexique. — Pavillon en rectangle allongé, dont les façades sont ornées d'arcades sur colonnes ioniques inspirées de l'architecture de la Renaissance.

L'intérieur est un hall bordé de deux étages de salles auxquelles donnent accès de grands escaliers situés aux extrémités de l'édifice.

Architecte : M. Anza.

Maroc. — Indépendamment des édifices bordant la rue des Nations, quelques-uns des pavillons officiels sont répartis sur le Champ de Mars et la terrasse du Trocadéro : ce sont ces pavillons qui restent à passer en revue.

Le pavillon du Maroc, situé au Champ de Mars, est une salle mauresque à plafond octogonal de charpente, avec façade ornée de faïence et accompagnée d'un minaret.

Les portes sont empruntées aux mosquées de Fez et de Mequinez. L'une d'elles a des vantaux copiés sur ceux de la mosquée Karaougin à Fez; le minaret provient de Tanger, les plafonds de Fez.

Architecte : M. Saladin.

Pavillon de l'Équateur. — Pavillon de style Louis XV, percé de larges baies et surmonté d'une tour.

Architecte : M. Billa.

Le Châlet suisse. — Construction entièrement en bois, à riches ornements de découpures, et accessoires peints, parmi lesquels figurent les écussons des vingt-deux cantons.

Architecte : M. E. Meyer.

Pavillon de Saint-Marin. — Construction en ciment armé exécuté par M. Cottancin, et présentant les particularités suivantes :

Une plate-forme en ciment armé et briques armées répartit la charge sur le sol et tient lieu de fondations;

Les murs sont construits à l'aide d'écoinçons en briques armées de 0 m. 06 d'épaisseur, et de panneaux en carreaux de plâtre maintenus par un tissage de fils de fer : ces murs de 6 centimètres soutiennent à une hauteur de 23 mètres une coupole de plâtre armé.

Pavillon de Corée. — Construction de genre moderne, élevée sous la direction de M. Ferret.

Pavillon du Tyrol. — Reproduction d'une habitation tyrolienne, consacrée à une exposition d'industries locales.

Siam. — Les pavillons de Siam consistent en deux pagodes en bois à formes pittoresques et colorations intenses. Les toits sont à angles retroussés, la travée centrale surmontée d'une flèche élancée.

Architecte : M. E. Chastel.

Japon. — Au Trocadéro s'élève le pavillon du Japon, imitation de la pagode de Kondo. C'est une construction en bois à toits proéminents, dont les façades sont à tons d'or et l'intérieur à plafonds sur colonnes.

Un village japonais à maisons en partie construites de bambous se développe au voisinage du temple.

Architectes : MM. Régnier et Petitgrand.

Chine. — Les pavillons de la Chine sont, eux aussi, des constructions en charpente. L'or s'y associe à des laques de coloration intense et à des toits proéminents en tuiles vernissées où dominent des tons de jaune et de vert.

La section chinoise a pour frontispice la reproduction d'un arc de triomphe à trois baies légèrement ogivales.

Au Champ de Mars l'architecture chinoise est caractérisée par une tour à étages de coloration rouge.

République Sud-Africaine. — Le Transvaal est représenté au Trocadéro par un pavillon en charpenterie légère, contenant un hall central entouré de galeries à double étage. L'édifice est précédé d'un portique et surmonté d'un comble en pavillon que couronne un clocheton élancé.

Les combinaisons de la charpente, laissées franchement apparentes, sont les principaux éléments de la décoration extérieure. A l'intérieur, le décor est à fond blanc avec appoint d'or.

Au pavillon sud-africain est annexée une exposition d'établissements métallurgiques; et un groupe d'habitations montre le genre de vie des premiers habitants des républiques sud-africaines.

Architecte : M. Heubes.

Égypte. — Le pavillon de l'Égypte est une grande construction dont les ornements sont des spécimens des architectures pharaonique et arabe.

Russie. — Enfin, dominant les constructions du Trocadéro, se dressent les hautes tours de briques et les pittoresques clochers du palais de la Russie. Ses pavillons ont l'imposant aspect de ceux du Kremlin dont ils sont inspirés. Une cour présente la reproduction polychrome d'un des chefs-d'œuvre de l'architecture persane, une mosquée de Samarkande.

Des peintures représentent des sites et des scènes russes; des panoramas animent les intérieurs.

Architectes : MM. Meltzer et Lucien Leblanc.

A côté de ce groupe de palais est la reproduction d'un village russe, avec ses maisons en charpente d'une curieuse originalité.

PAVILLONS COLONIAUX. — RECONSTITUTIONS DE SITES OU DE MONUMENTS. ATTRACTIONS.

I. — Algérie, Tunisie, Colonies françaises.

L'ensemble des pavillons coloniaux se groupe sur la plate-forme du Trocadéro.

Algérie. — Le pavillon de l'Algérie est précédé d'un large escalier et conçu suivant l'esprit des édifices mauresques d'Alger : murs blancs avec ornements de faïence émaillée, fenêtres à balcons grillés, salles à coupoles; un minaret.

A l'intérieur, on trouve la reproduction des cours à colonnes de marbre, à parois revêtues de faïences.

L'édifice, situé sur le versant du Trocadéro, ne présente deux étages que dans la partie la plus voisine de la Seine.

En regard, on a reconstitué un quartier de ville arabe, les ruelles montantes et sinueuses du vieil Alger : portes en arc brisé, maisons à étages s'avançant en surplomb, soutenus sur des encorbellements de bois brut, fenêtres à moucharabiehs; une fontaine mauresque; des salles à coupoles où sont installées des représentations panoramiques de sites africains.

L'architecte est M. Ballu.

Tunisie. — Le quartier tunisien, reconstitué par M. R. Saladin, comprend :

Un pavillon principal, copie de la mosquée Sidi-Makrès, à Tunis;

Une reproduction des bazars ou souks, tantôt voûtés d'arête, tantôt couverts de toitures en planches à jour posant sur des fermes très légères;

Une mosquée (celle de Sidi-Maklouf), avec un mobilier et des vitraux exécutés par des artistes indigènes;

Trois minarets provenant de Sfax, Kef et Kairoan;

Trois portes ornées, dont une du XIIIe siècle, la Bab Djedid de Tunis;

Les moulages de la zaouïa de Sidi-bel-Hassa, à Sfax, et d'un pavillon des jardins de Mausuba (XVIIIe siècle), avec ses voûtes à découpures et ses vitraux à sertissures de plâtre.

Inde française. — L'Inde française est représentée par une pagode à dôme central très élancé, accompagné de dômes secondaires, et dont les parois sont entièrement couvertes de sculptures moulées sur les bas-reliefs hindous. Quelques ornements accessoires sont empruntés au tope de Sanchi.

Une ruelle de Pondichéry est reproduite et accompagne la pagode.

L'architecte est M. Bertone.

Indo-Chine. — Dans un cadre de huttes laotiennes et cambodgiennes bâties par des ouvriers indigènes, on remarque :

Une copie de la pagode de Cholon, construction en bois à toitures mouvementées, de style hindou fleuri, à décors intérieurs de laque rouge et d'or : architecte, M. Decron;

Une reproduction, par M. Marcel, de la pagode cambodgienne de Pnonm-Penh, précédée d'un grand escalier à marches étroites, et présentant un portique sur pilastres, des pignons aigus et une salle à colorations rouge, noir et or. Une remarquable figure de Bouddha s'élève sur la terrasse.

En partie en sous-sol et surmonté d'un dôme en forme de cloche, est le moulage d'un temple Kmer taillé dans le roc, et d'une étonnante richesse d'ornements : avec double escalier en vis conduisant de la crypte à la terrasse. Le monument date du VIe siècle de notre ère.

L'architecte est M. Marcel.

Tonkin. — L'architecture tonkinoise est représentée par le palais de Co-La, élevé sur trois terrasses étagées dont les perrons sont abrités sous des portes ornées.

La principale cour est bordée de portiques, avec pavillon central à combles apparents et peintures à fonds rouges relevés d'or.

Un autre bâtiment, désigné sous le nom de pavillon des forêts, présente l'aspect d'une habitation tonkinoise.

Architecte : M. Brossard.

Sénégal, Dahomey, Guinée française. — Les bâtiments de l'exposition sénégalienne présentent des façades crépies à merlons, d'une architecture originale, inspirée par les constructions indigènes.

Tel est aussi le caractère du village dahoméen, où des huttes à toits de chaume d'une ornementation rude et expressive servent à grouper autour des produits de la colonie les souvenirs de la conquête.

Ces toits de chaume, ces murs à grossiers enduits, ces sculptures fantastiques se retrouvent dans les pavillons de la Guinée française.

Architecte : M. Siffert.

Côte d'Ivoire, Martinique, Guadeloupe, Réunion. — Les pavillons sont des maisons coloniales en bois, avec ou sans véranda; un kiosque sert d'échantillon des essences de bois de la Réunion.

Jardin colonial. — Comme complément des expositions coloniales françaises, une serre à charpente métallique réunit des exemples des principales cultures.

II. — Colonies étrangères.

Colonies anglaises. — L'exposition de Ceylan et celle du Canada occupent deux pavillons dont un, celui de Ceylan, offre extérieurement un décor d'architecture hindoue, et dont l'architecte est M. Colcuff.

Colonies portugaises. — Le bâtiment de l'exposition coloniale du Portugal est une salle à dôme, dont l'entrée est marquée par une grande voussure à décoration peinte.

Colonies des Pays-Bas. — L'architecture de l'Inde néerlandaise est caractérisée par la reproduction d'un temple de Java dont tous les ornements sont des moulages.

Le temple s'élève sur une terrasse à soubassements ornés de bas-reliefs, et se présente sous l'aspect d'un pavillon dont les étages sont en retraite progressive, et les murs entièrement couverts de sculptures.

A droite et à gauche de la terrasse sont deux pavillons imitant les habitations de Sumatra : constructions à pignons aigus, à toitures de peaux, à charpentes entièrement apparentes, et enrichies, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, d'une décoration en relief rehaussée de couleurs sombres où dominent le rouge et le bleu.

Architectes : MM. Mutters et Sluyterman.

III. — Reconstitutions pittoresques de sites ou d'édifices; attractions.

Indépendamment des groupes d'habitations qui ont été cités à propos de la Russie, du Transvaal, du Japon, de la Chine, etc., il convient de mentionner une série de reproductions d'édifices ayant un caractère purement archéologique, pittoresque ou architectural.

Nous trouvons, sur les rives de l'Esplanade :

Un groupe de fragments d'architecture arlésienne;

Un assemblage de monuments bretons : maison, chapelle, un dolmen, un menhir;

Quelques spécimens des anciennes architectures du Berri, du Poitou et de l'Auvergne.

Sur la rive droite de la Seine :

Une reconstitution partielle du vieux Paris, dirigée par M. Robida, et comprenant :

l'ancienne porte Saint-Michel; l'ancien hôtel de ville; quelques maisons historiques, l'église Saint-Julien-des-Ménétriers, les vieilles Halles, le grand Châtelet, une partie de l'ancien Palais de Justice, les boutiques du Pont-au-Change et de la rue de la Foire-Saint-Laurent, etc.

Parmi les *attractions,* il y a lieu de citer :

Les théâtres de diverses sortes, rangés le long d'une rue dite *de Paris;*

Sur la berge de rive droite de la Seine, un aquarium.

Au Champ de Mars :

Le panorama du Tour du Monde, construction de genre hindou;

Le Club alpin français, construction en forme de chalet des Alpes;

Le pavillon du Costume, d'une architecture qui rappelle le XVIIIe siècle;

Le pavillon des Industries de la Femme, d'architecture moderne;

Le pavillon lumineux, kiosque entièrement vitré, destiné à des effets d'illumination par transparence;

Un colossal Globe céleste;

Des pavillons dits du *Maréorama,* des *Dioramas animés,* du *Cinéorama;*

Le pavillon de l'Optique, dont la façade présente comme motif principal une grande niche à ossature métallique et panneaux de vitrage coloré.

Au Trocadéro :

Une reconstitution des monuments de l'ancienne Andalousie, où l'on remarque le patio d'un palais de Séville et la reproduction du couronnement de la Giralda:

Des bâtiments de style mauresque, destinés à des panoramas algériens;

Des panoramas de Madagascar et de la mission Marchand.

Près de l'École Militaire :

Un Village suisse, grand paysage en relief, avec la reproduction de quelques monuments de la Suisse : le *Kappelbrücke* de Lucerne, les horloges monumentales de Berne, des chalets empruntés aux villages riverains du lac des Quatre-Cantons.

INSTALLATIONS.

Revenons à l'Exposition proprement dite, pour jeter un coup d'œil sur les principales installations.

Nous les diviserons en deux groupes : Installations collectives, Installations privées.

I. — Installations collectives.

La part du Service général de l'Exposition consiste dans l'établissement de vélums de toile, portant des inscriptions qui définissent l'affectation des principales galeries;

de poteaux indicateurs et d'écriteaux en bois découpé, marquant les directions principales et l'emplacement des escaliers.

Installations françaises. — Parmi les installations collectives françaises, on remarque :

A l'Esplanade des Invalides :

Les expositions de mobilier, établies sous des portiques ou des vitrines généralement à tons clairs, ornés de reliefs peints et dorés;

L'exposition de Sèvres, disposée dans des salles simulant des appartements; celle des Gobelins, avec accompagnements des tentures; l'exposition rétrospective du Garde-Meuble, placée sous des portiques d'ordre corinthien.

La bijouterie française est installée dans des vitrines à ornements de bronze.

Les objets de décoration fixe sont rangés sous des portiques dont les colonnes ont pour piédestaux des pièces de grès fumé.

Au Champ de Mars, la travée du milieu de chacune des deux grandes galeries forme comme un point central où l'aménagement est conçu dans un esprit particulièrement décoratif.

Dans le bâtiment des Fils et Tissus, cette travée est consacrée aux soieries; elle présente sur ses parois de grands sujets peints, et l'ornementation courante est empruntée à des motifs de dentelles ou de tentures.

A droite et à gauche se présente l'exposition rétrospective du Costume, et celle de la parfumerie : l'une et l'autre aménagées dans de petits kiosques de treillis. Les kiosques du Costume rappellent les tonnelles de l'époque Louis XV; les autres sont d'un genre plus moderne.

L'exposition des dentelles est installée dans des vitrines à ton ardoise, surmontées de baldaquins ajourés. Des types uniformes de vitrines sont adoptés respectivement pour les expositions des lainages, des cotons, des tentures. Les industries diverses ont des vitrines genre Empire.

Dans le bâtiment du Génie civil, la nef transversale du centre est ornée de portiques en treillis formant frontispices à l'entrée des galeries.

La grande salle de droite, dont le rez-de-chaussée est consacré aux moyens de transport et le premier étage à l'instruction publique, offre une décoration murale peinte et, le long des balustrades, des tentures de peluche jaune.

La salle symétrique, consacrée au génie civil, présente des galeries subdivisées en cellules ouvertes, où se logent les modèles, et dont les parois sont tapissées de dessins.

L'exposition des instruments de musique est accompagnée d'une salle d'auditions; celle de l'électricité, de baldaquins en charpente et vitrage, où joue la lumière électrique.

Les expositions métallurgiques consistent généralement en trophées de produits.

II. — Installations étrangères.

Allemagne. — L'Allemagne possède dans les bâtiments de l'Esplanade une installation d'une extrême richesse : frontispice d'une architecture grave avec fonds à tons de pierre et de granit, grands panneaux de mosaïque sur fonds d'or, intérieur à voûtes et panneaux ornés de mosaïques à tonalité profonde; le tout accompagné de plantes ornementales.

Une salle consacrée aux porcelaines présente une décoration inspirée de motifs d'orfèvrerie.

Au Champ de Mars, l'Allemagne présente ses tissus dans de luxueuses vitrines en menuiserie d'acajou, en les accompagnant de tentures; ses machines à tisser, dans une enceinte à frontispice de ferronnerie; ses instruments de précision, sous un baldaquin de bois brun rouge et or. Son exposition d'électricité est annoncée par un portique où les effets de la lumière électrique s'associent aux formes architecturales.

L'exposition allemande de l'alimentation est établie dans des pavillons de treillis avec accessoires de peinture. L'exposition de métallurgie a sa façade de fer orné.

Autriche. — A l'Esplanade des Invalides, l'installation autrichienne présente, au sommet d'un escalier formant perron, un somptueux frontispice à colonnes d'une libre architecture, précédant une salle d'honneur et quelques salons latéraux.

Les parois de l'escalier sont tendues de rideaux frangés d'or; la salle d'honneur a ses panneaux de soie blanche brodée, et ses lambris d'appui de marbre.

Les expositions d'objets mobiliers sont distribuées dans des vitrines de menuiserie à tons sombres, accompagnées de tentures vertes et d'arbustes.

Au Champ de Mars, l'Autriche a rangé ses étoffes dans des vitrines de menuiserie à décoration argentée. Son exposition du génie civil est établie dans des compartiments à tapis et tentures de draperies vert clair, avec ornements de torsades et cordages de même nuance; ses produits chimiques, dans des vitrines d'acajou; ses produits alimentaires, dans des kiosques en forme de tonnelles.

Belgique. — L'exposition des produits alimentaires de la Belgique est installée dans des bâtiments genre Renaissance; celle des étoffes, dans des vitrines de menuiserie, à fond jaune clair; ses produits métallurgiques, dans des galeries dont l'ornementation est essentiellement métallique; ses produits chimiques, dans des menuiseries à formes architecturales.

Danemark. — L'exposition danoise de l'Esplanade offre comme décoration un frontispice d'architecture à lignes simples, avec fonds à tons de pierre et panneaux dorés. L'exposition des produits agricoles est encadrée d'une architecture sobre avec ornements de feuillage.

Espagne. — L'Espagne a adopté pour cadre de son exposition alimentaire un pavillon de style mauresque à façades couvertes de peintures et d'ors. L'exposition viticole de Madère est un édifice à formes architecturales et ornements de treillis.

L'exposition du Champ de Mars est bordée d'un riche portique dont le style est celui des derniers temps du moyen âge espagnol.

États-Unis. — Les installations des États-Unis sont généralement conçues dans un style inspiré de la Renaissance ou de l'art classique, avec décoration blanc et or, et tentures grenat.

L'exposition de métallurgie est bordée d'une somptueuse façade à jour, tout entière en marbres et métaux. Les modèles se rapportant au génie civil sont abrités sous des kiosques vitrés en menuiserie. La grande carte de New-York est étalée horizontalement, avec une tribune d'où l'on peut projeter sur elle un regard plongeant.

Grande-Bretagne. — L'Angleterre a donné à ses appareils de tissage un frontispice en riche menuiserie à tons verts; à ses tissus, des vitrines ornées d'accessoires d'or, et des grilles de métal ouvré. D'une manière générale, elle a laissé les types d'installation à l'initiative des exposants.

Hongrie. — A l'Esplanade des Invalides, l'exposition de la Hongrie est signalée par un frontispice et un pavillon d'une architecture mouvementée, à tonalité d'un vert très clair, avec panneaux à fond d'or et accessoires de tenture d'un bleu ardoise.

Les expositions du Champ de Mars sont disposées dans des pavillons de menuiserie à tentures de velours vert, et abritées par des voiles d'étoffe translucide.

L'exposition de métallurgie offre une façade en pièces de fer formant des dessins décoratifs; celle des produits agricoles se développe sous des portiques à ornements de feuillage d'un dessin hardi et d'une coloration puissante.

L'exposition hongroise d'électricité est établie dans un cadre de charpenterie légère avec ornements métalliques dorés, d'allure sinueuse, éveillant l'idée de la foudre.

Italie. — A l'Esplanade des Invalides, l'exposition italienne est marquée par un décor en forme de baldaquin de velours bleu, jeté sur une passerelle.

Les vitrines sont généralement ornées suivant les goûts individuels des exposants. Quelques-unes de ces vitrines, destinées à des expositions du costume, présentent le caractère des plus riches menuiseries italiennes du XVIIIe siècle.

Japon. — Les expositions japonaises sont généralement installées dans des vitrines à formes très simples, en acajou clair, avec ornements dorés.

Mexique. Pérou. — L'installation de l'exposition du Mexique, ainsi que celle du Pérou, est l'aménagement même du pavillon qui sert à la fois à la représentation nationale et à l'exhibition des produits.

Norvège. — L'exposition norvégienne de l'Esplanade des Invalides est installée dans un décor d'ébénisterie acajou, couvert de sculptures en entrelacs d'un style essentiellement scandinave et d'une extrême originalité.

Tel est aussi le caractère de l'installation norvégienne des produits chimiques au Champ de Mars.

Pays-Bas. — A l'Esplanade des Invalides, les Pays-Bas ont adopté pour motif principal de leur exposition un portique de charpente légère à fond blanc, servant d'entrée pour une galerie ornée de peintures à tons sombres et à vitraux colorés.

L'exposition de l'Esplanade des Invalides présente un décor de charpente à lignes sinueuses, avec coloration vert sur vert.

L'exposition de l'agriculture est établie dans des bâtiments d'un genre tout moderne.

Perse. — L'exposition persane à l'Esplanade des Invalides est contenue dans une construction dont le squelette est de bois apparents et le décor de panneaux de faïence.

Portugal. — Les accessoires du pavillon du Portugal consistent surtout en ornements empruntés aux produits des forêts, de la pêche et de la chasse, qui sont les principaux éléments de son exposition. Ces objets se détachent sur un fond décoré de grands panneaux de peinture représentant les principaux ports de pêche.

Roumanie. — Les produits agricoles de la Roumanie sont rangés sous des portiques élégamment révêtus de gerbes et de fruits. A l'exposition du Champ de Mars, les portiques sont décorés d'ornements empruntés à l'art national.

Russie. — Dans les pavillons russes du Trocadéro, les produits tels que fourrures et tissus sont présentés dans un cadre de peintures murales éveillant l'idée des contrées d'origine, idée que des panoramas précisent encore.

A l'Esplanade des Invalides, l'exposition russe d'objets mobiliers occupe tout un corps de bâtiment, dont les parois sont décorées de peintures sur fond jaune clair ou rouge.

Les cages des grands escaliers sont tendues de draperies écrues et au centre se dresse un arc de triomphe d'architecture moscovite.

Au Champ de Mars, l'exposition du génie civil est annoncée par une grande peinture murale à sujets symbolisant les principales branches du développement de l'art de l'ingénieur; des écussons, des faisceaux de drapeaux.

L'exposition des produits agricoles est contenue dans des pavillons dont l'architecture est celle du XVIIIe siècle, avec détails d'ornements russes; celle des vins, dans des celliers à façade simulant une bâtisse en gros blocs.

Suède. — Au Champ de Mars, l'exposition du mobilier est installée dans des compartiments que séparent des cloisons de refend couronnées de toitures à crêtes découpées

de style scandinave : le tout à tonalité verte, avec frises représentant des formes végétales sur fond blanc.

L'exposition agricole offre un caractère analogue.

Suisse. — L'horlogerie suisse est représentée à l'Esplanade des Invalides par un groupe de vitrines surmontées d'un pavillon en sapin vernissé formant une sorte de dôme à jour. Au Champ de Mars, la Suisse possède une installation à portiques d'un ton général de bronze avec ornements d'or mat. Ses étoffes sont contenues dans des vitrines à fonds verts.

III. — Installations individuelles.

Indépendamment de ces installations collectives, il y a lieu de mentionner quelques installations appartenant à des particuliers ou à des sociétés qui ont généralement emprunté le thème de leurs constructions à des édifices de la contrée où s'exerce leur industrie.

On remarque, dans la galerie de l'Alimentation :

Un clocher breton; un pavillon renaissance de Saumur; un pavillon roman de la région de Montpellier; une tour en briques empruntée à l'architecture de la vallée de la Garonne; des pavillons d'architecture des Charentes, de la Bourgogne, de l'Armagnac; un décor à treillis du Médoc; des pavillons affectés aux vins de Champagne, aux huiles; une laiterie, un pressoir, une cidrerie, des moulins, une brasserie, un vaisseau apportant en France le cacao, une boulangerie, etc.

Parmi les artistes qui ont concouru à cet ensemble d'installations, il convient de mentionner :

a. **Installations françaises** : MM. Sellier de Gisors, architecte en chef des installations; MM. les architectes de Gutton, Sorel, de Montarnal, Benouville, Lafilée, Guernier, Risler, G. Trélat, Lambron, Marne, Lasnier, Guillemonat, Sansboeuf, Letrosne, Guenot, Pleunet, Arfindson et Vassal, Honoré et Henry, Lafon, Escalier, Dupard, Pascalon, Lorain, Bertrand, Godefroy, d'Espouy, Chardon; MM. Vacherot, jardinier en chef; Guernier, jardinier.

b. **Installations étrangères.** — *Allemagne :* MM. Hoffacher, Möhring, Rieth
Autriche : MM. Baumann, Decsey, Kaufmann, O. Wagner.
Bosnie-Herzégovine : M. Panek.
Danemark : MM. Bendesboll, Petersen.
Hongrie : M. Fittler.
Norvège : M. Kiellaud.
Pays-Bas : MM. Bouvens, Mutters, Slytermann.
Suède : MM. Lilljekvist, Moller.
Suisse : MM. Bouvier, Meyer.

PONTS, PASSERELLES, PLATE-FORME ROULANTE, CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE. EXPOSITION DE VINCENNES.

Les communications entre les diverses parties de l'Exposition sont assurées par une série de ponts et de passerelles et par des voies de transport à moteurs électriques.

Les ponts et passerelles se partagent en deux groupes : ceux qui franchissent la Seine; ceux qui franchissent les voies publiques interceptées par les clôtures de l'Exposition.

De tous ces ouvrages, le plus monumental est le pont Alexandre III.

Pont Alexandre III. — Par décret en date du 5 octobre 1896, le pont destiné à relier les Champs-Élysées à l'Esplanade des Invalides fut dédié à la mémoire d'Alexandre III, et la première pierre en fut posée par l'empereur Nicolas II, le 7 octobre 1896.

Ce pont, légèrement biais, présente une ouverture de 109 mètres, une largeur de 40 mètres et porte une chaussée de 20 mètres, bordée de deux trottoirs de 10 mètres.

Il est constitué par une arche unique, d'une flèche de 6 m. 28 (surbaissement au 1/17.12), réalisée au moyen d'arcs articulés à la naissance et au sommet. Le nombre de ces arcs est de 15; chacun d'eux comprend 32 voussoirs à profil en double T; et la matière dont ils sont faits est l'acier fondu et recuit.

Les culées sont deux massifs de béton de ciment, assis à plus de 8 mètres en contrebas des eaux ordinaires de la Seine. Pour chaque massif, la dimension parallèle à l'axe du pont est de 33 m. 50, la dimension perpendiculaire 44 mètres et l'épaisseur moyenne 3 m. 40.

Au-dessus de ces massifs, sur chaque rive, règne un passage établissant la continuité des bas-quais; et, à titre provisoire, une seconde voie de communication a été réservée pour répondre aux besoins créés par l'interruption momentanée des quais.

Le pont est accompagné de quatre pylônes flanqués de colonnes ioniques, ornés de grandes statues et de proues sculptées, et surmontés de groupes de bronze doré.

Les abords sont décorés de figures allégoriques et d'obélisques de granit; les tympans, peints d'une couleur gris clair avec ornements d'or, sont ornés de guirlandes et couronnés d'une balustrade et de candélabres. Le sommet de l'arcade est marqué par des figures de cuivre martelé.

Les culées ont été exécutées à l'air comprimé : chacune à l'aide d'un caisson unique divisé en cinq parties par des cloisons en treillis qui ne rompent pas la continuité de la masse.

Les arcs ont été montés à l'aide d'une passerelle roulante en forme de poutre à treillis, dont le poids était voisin de 400 tonnes, et que manœuvraient deux treuils à vapeur : grâce à cette passerelle de service on a pu, sans apporter aucune gêne à la navigation, mettre en place les voussoirs avec la précision la plus absolue et sans autre auxiliaire qu'un cintre volant suspendu à la passerelle même.

Quelques chiffres donneront une idée de l'importance du travail et quelques dates permettront d'apprécier l'activité apportée à sa marche.

Fig. 193. — Pont Alexandre III. (*Phot. Larger.*)

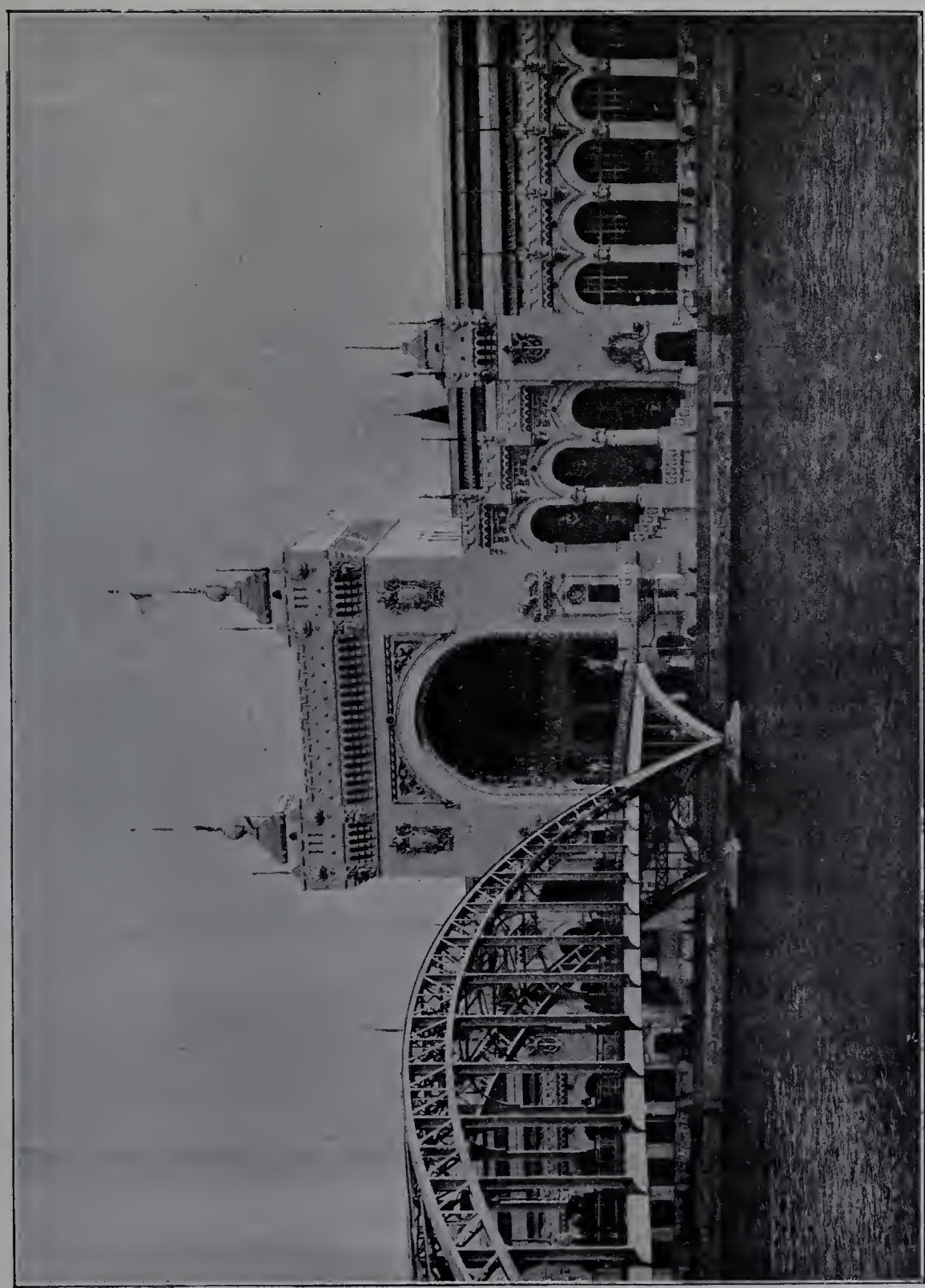


Fig. 194.
Pavillon des Armées de terre et de mer (quai d'Orsay) : Motif central, côté de la Seine. Passerelle sur la Seine. (*Phot. Largier.*)

Le cube total des maçonneries est de 30,000 mètres cubes;

Le poids d'acier moulé, 2,360 tonnes;

Celui de l'acier laminé, 2,824 tonnes;

Celui des fontes, 270 tonnes;

Celui des bronzes, 80 tonnes.

Les travaux ont occupé à peu près une durée de trois années, du 15 avril 1897 à l'ouverture de l'Exposition.

La première année a été consacrée à l'exécution des fondations et des maçonneries. Les ouvrages à l'air comprimé ont été terminés en 150 jours. Le montage des arcs a été effectué en 7 mois, de novembre 1898 à juin 1899.

Les ingénieurs sont MM. Résal et Alby; les architectes, MM. Cassien-Bernard et Cousin.

Passerelles sur la Seine. — En face du pavillon des Armées de terre et de mer, la Seine est traversée par une passerelle d'un type original, dont l'idée appartient à M. Maurice Lévy, à qui l'on doit aussi d'importantes études sur les conditions d'établissement du pont Alexandre III.

Cette passerelle est constituée par un grand arc métallique flanqué de deux demi-arcs ayant leurs sommets au niveau des quais. Le tablier constitue comme un chaînage qui va d'une des rives à l'autre et rend les deux demi-arcs solidaires de l'arc central, de telle sorte que les efforts de poussée s'équilibrent à l'endroit des piles et que finalement le système est sans poussée.

La longueur totale de cette passerelle est de 120 mètres; sa largeur entre garde-corps, de 8 mètres. La portée du grand arc central est de 75 mètres; sa flèche, de 15 mètres; les rotules qui servent à l'articulation de ce grand arc et des demi-arcs de rive sont placées à 6 m. 40 au-dessous du tablier.

Le métal employé est l'acier.

Le montage s'est effectué sans interruption de la navigation, les pièces constituant la travée centrale ayant été assemblées progressivement en porte-à-faux.

Les ingénieurs sont MM. Résal et Alby.

On trouve en outre :

Près du pont des Invalides, une passerelle métallique à trois travées, sur palées de charpente, avec ornements de staff;

Près du pont de l'Alma, une autre passerelle composée d'un arc central et de deux demi-arcs de rives, avec ornementation dont les motifs sont empruntés à des accessoires de navires.

Pour ces deux dernières passerelles, on s'est astreint à faire correspondre les axes des palées avec ceux des piles des ponts, de manière à ne pas accroître l'obstacle à la navigation.

Enfin, à droite et à gauche du pont d'Iéna, ont été établies deux passerelles métalliques donnant au pont le surcroît de largeur nécessité par les besoins de la circulation.

Les pièces de pont de ces passerelles portent en encorbellement sur les maçonneries du pont d'Iéna, et la poutre de tête est à treillis.

Passerelles franchissant les voies publiques. — L'avenue d'Antin, interceptée par l'Exposition, est franchie par une passerelle présentant des pylônes et une charpenterie surtout décorative : les organes essentiels de la stabilité consistent en des barres de fer qui s'appuient sur les sommets des pylônes et font office de câbles de suspension.

De l'autre côté de la Seine, une passerelle est jetée sur l'avenue de la Tour-Maubourg, et constituée surtout par un système de poutres en bois à treillis.

Deux passerelles franchissent les quais aux deux têtes du pont de l'Alma :

Celle de rive droite présente l'aspect de poutres armées en bois, avec pylônes décoratifs de charpente peinte en vert;

Celle de rive gauche présente des fermes dont les aiguilles pendantes soulagent le tablier, et est ornée de dômes en treillis, à tonalité verte.

Une petite passerelle, à fermes de charpente, se trouve sur la tranchée du quai de rive gauche, en amont du pont d'Iéna.

Enfin sur la rive droite, en amont et en aval du Trocadéro, le quai de la Seine est franchi par deux passerelles conçues d'après le système des ponts suspendus, avec cette particularité que les câbles de suspension sont amarrés verticalement dans des massifs de maçonnerie. Les pylônes sont en charpente ornée et peinte.

Une troisième passerelle franchit le quai dans l'axe même du Trocadéro. Cette dernière est exécutée en ciment armé, présente à son intrados des nervures qui vont s'amincissant de la naissance au sommet, et est bordée d'un parapet en faïence verte.

Sur toute la traversée du Trocadéro, la tranchée du quai est bordée d'un masque en béton armé, dont la résistance est assurée : à l'avant, par une sorte d'avant-radier; à l'arrière, par une plate-forme située à mi-hauteur, rendue solidaire du masque par des haubans, et noyée dans les remblais dont le poids se trouve intéressé à la stabilité. Avant-radier, plate-forme, haubans sont entièrement en béton armé.

L'ingénieur qui a exécuté la tranchée et ses passerelles est M. Le Gavrian.

Transports électriques. — Un double système de transports à moteur électrique dessert l'Exposition :

A l'aller, une plate-forme roulante; au retour, un chemin de fer.

Le tracé, pour la plate-forme roulante et pour le chemin de fer, est le même : un circuit de 3 kilomètres et demi, longeant le quai de rive gauche de la Seine et se fermant suivant l'avenue de la Motte-Picquet.

L'électricité provient d'une usine installée à Asnières. Elle est fournie sous forme de courant triphasé, et transformée dans une sous-station située près du pont d'Iéna, où la puissance disponible est de 3,000 chevaux.

IMPRIMERIE NATIONALE.

a. *Plate-forme roulante.* — La plate-forme roulante repose sur des palées en charpente, avec un maximum de pente de 0 m. 003 et un minimum de rayon de courbure de 50 m.

Elle comprend un trottoir fixe et deux trottoirs mobiles qui se déplacent, le premier avec une vitesse de 3 kilom. 600, le second avec une vitesse de 7 kilom. 200.

Chacun des trottoirs mobiles se décompose en trucks articulés. L'électricité est distribuée par une canalisation établie sous la voie; le mouvement est imprimé par des treuils moteurs installés à poste fixe sous les palées, et transmis aux trucks par l'intermédiaire d'une poutre axiale articulée fixée à la face inférieure de ces trucks : la rotation des treuils moteurs entraîne la poutre axiale et le truck avec elle.

Des galets de roulement soutiennent les trucks sur leurs rives, et l'adhérence des treuils moteurs avec la poutre axiale est assurée au moyen d'un serrage à ressorts réglable à volonté.

La mise en train exige une énergie électrique de 300 kilowatts au démarrage et de 220 en marche, soit 290 à 400 chevaux-vapeur.

b. *Chemin de fer électrique.* — Le chemin de fer est établi sur des estacades métalliques et, à raison des nombreux obstacles qu'il rencontre, il présente un profil en long très accidenté. Le maximum des pentes est 0 m. 04.

Il est construit à voie de 1 mètre et exploité à l'aide de trains de voitures à bogies. Chaque train comprend deux remorques et une motrice actionnée par quatre moteurs à courant continu de 35 chevaux.

La sécurité est garantie par des freins à air comprimé, et des blocs automatiques aux principales stations.

On évalue à 60,000 le nombre de voyageurs que le chemin de fer peut transporter en un jour.

Les installations ont été faites par la Compagnie des Transports électriques de l'Exposition : M. Maréchal, ingénieur.

Jardins. — Les jardins, généralement traités dans un genre pittoresque se prêtant aux installations horticoles, ont été exécutés sous la direction de M. Vacherot.

Exposition annexe de Vincennes. — L'annexe de Vincennes comprend, indépendamment de cités ouvrières présentées à titre d'exposition d'hygiène, des bâtiments destinés au gros matériel des chemins de fer, à l'automobilisme et à l'agriculture.

Chacune de ces sections a son installation distincte :

Le hall du matériel des chemins de fer est un bâtiment de 200 mètres de long sur 120 de large, relié par des voies de raccordement au réseau des chemins de fer de l'Est.

A l'automobilisme est affectée une vaste rotonde, entourée de hangars disposés sur un plan en fer à cheval. La vélocipédie possède un vélodrome; les machines agricoles ont leurs pavillons.

L'Allemagne a établi une installation pour les manœuvres de sauvetage; et les nations

qui se sont le plus largement associées à la France dans l'exposition des maisons ouvrières sont l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la Grande-Bretagne, la Suisse.

EXPOSANTS AYANT PARTICIPÉ AUX TRAVAUX.

Aux termes du règlement de l'Exposition, sont considérés comme exposants tous ceux qui, ayant participé aux travaux de l'Exposition, auront présenté, à titre d'objets exposés, les résultats de leur concours.

Nous passerons en revue les principaux entrepreneurs ou artistes qui relèvent à ce titre de la Classe 29.

TERRASSEMENTS, TRAVAUX DE FONDATION ET DE MAÇONNERIE, FOURNITURES DE PIERRES, MARBRES ET GRANITS.

Travaux de terrassement et fondations. — La principale entreprise de fondation est celle du pont Alexandre III, adjugée à MM. Letellier et Boutrinquien, qui ont exécuté tous les travaux à l'air comprimé, et les maçonneries jusqu'au niveau des corniches.

Les culées ont été fondées à l'aide de 2 caissons métalliques de 1,474 mètres carrés de surface chacun. Le travail à l'air comprimé a été dirigé personnellement par M. Boutrinquien, et a duré, sans interruption, 150 jours et autant de nuits. Un seul accident s'est produit, et il est dû à une imprudence.

Le nombre de mètres cubes de maçonnerie en béton de ciment des 2 culées ensemble est de 27,000, et le nombre des tonnes d'acier employées à la construction des caissons est de 700.

MM. Dulac, Ducloux et Minuit ont appliqué à diverses constructions importantes, notamment au pavillon des Congrès, aux berges de rive droite de la Seine, au Château d'eau, leur système de fondation par compression mécanique du sol : un puits peu profond reçoit des cailloux que l'on chasse latéralement au moyen d'un pilon ogival, et qui prennent la forme d'un champignon renversé présentant une grande résistance à l'enfoncement. L'opération se termine par bourrage de nouveaux matériaux dans le vide restant.

Des fondations sur piles de béton ont été exécutées aux palais de l'Esplanade des Invalides, côté Constantine, par M. Lanz; au palais du Génie civil, par M. Chapelle.

Parmi les entrepreneurs de travaux de fondations, il convient de citer en outre MM. Guillemoto, Vabre, Versillé.

Ouvrages de maçonnerie. — MM. Nanquette et Marlaud ont exécuté les maçonneries du Grand Palais des Champs-Élysées, à l'aide d'un système de grues portées par des beffrois roulant sur rails et élevant 6 tonnes à 34 mètres de hauteur. Un travail représentant une dépense de 100,000 francs a été exécuté en 100 jours.

M. Fabre a construit sans cintres un ensemble de voûtes au Petit Palais.

MM. Nicou et Demarigny et MM. Toiseul, Fradet ont élevé chacun une des deux cheminées situées aux extrémités de la galerie des chaudières.

La hauteur de ces cheminées dépasse 80 mètres.

Les fondations sont sur pieux à têtes noyées dans du béton. Chaque cheminée a absorbé 1,500,000 briques et représente un poids de 6,500 tonnes. Les travaux ont été achevés en 10 mois. Ces ouvrages peuvent être considérés comme des spécimens des difficultés qu'on peut résoudre par l'emploi de la brique.

MM. Nicou et Demarigny ont également exécuté de grands carneaux de fumée, pour le service des installations mécaniques, et les fondations de 40 générateurs.

A citer parmi les entrepreneurs de maçonnerie exposants, M. Depagnat, qui a construit l'ensemble des pavillons coloniaux, travail de 3 millions, achevé en 6 mois, à l'aide d'un personnel qui s'est élevé à 1,200 ouvriers;

MM. Champeaux, Cochet, Chapelle, Cormier, Ducroizet, Grandchamp, Grouselle, Guilmoto, Hess, Lambert, Maréchal, Marie, Perrot, Pradeau, Renard, Thiéry, Truffet et Ragache, Villatel et Lecordonnier, Viterbo; Les Maçons de Paris, Les Maçons de la Seine.

Fournitures de pierres. — Les principaux fournisseurs exposants sont : MM. Biron; Civet et Pommier (fourniture de 11,387 mètres cubes pour les palais des Champs-Élysées, et 875 pour le pont Alexandre III); Coutrot; Ducarruge; Nansouky; Pagani; Permier-Bouffet; Quesnel; Renard et Fèvre; Sauvin.

Pour les marbres : MM. Benezech, Coutrot, Dejaiffe, la Société d'Avesne.

Granits : MM. Bourdon, Tachard, la Société des granits et porphyres des Vosges;

Colonnes de porphyre et de granit au palais des Champs-Élysées : M. Leclercq;

Onyx : M. Loiseau-Bourcier.

Les carrières qui ont fourni l'ensemble des matériaux des palais du Champ de Mars sont celles de : Euville, Lérouville, Méry, Chauvigny, Villiers-Adam.

Des colonnes du grand palais ont été exécutées en liais de Larrys, et la plupart des ouvrages de statuaire en roches de Lavaux, Tercé et Chauvigny.

CHARPENTES MÉTALLIQUES.

Les constructeurs exposants qui ont concouru à l'exécution des grandes charpentes métalliques sont :

MM. Bardoux et Blavette. Fermes métalliques du bâtiment de l'enseignement.

Surface couverte approximative, 28,000 mètres carrés.

Le montage a été effectué par l'emploi de deux grues roulantes soulevant chacune des fermes.

MM. Barbot et Thomas. — Charpente métallique du palais des Invalides (côté Constantine).

Surface couverte approximative, 17,000 mètres carrés.

Construction disposée en vue d'un remploi ultérieur. Montage au moyen de trois chèvres seulement, exécuté en quinze jours.

MM. Baudet et Donon. — Charpente métallique des industries chimiques et de la salle centrale de l'Électricité; planchers en fer des portiques des bâtiments du fond des Invalides.

A la salle centrale du palais de l'Électricité, la toiture, comprise en deux murs pignons, repose sur des pannes transversales ornées.

Au palais des Industries chimiques, les fermes sont conçues suivant un système par encorbellement analogue à celui des ponts à cantilever.

Les charpentes exécutées par la maison représentent un poids de 5,000 tonnes.

M. Baudon. — Ossature métallique des bâtiments du fond des Invalides, comprenant les combles en pavillon des grandes salles où sont installées l'exposition du mobilier de la Russie et celle de la bijouterie française.

Surface couverte approximative, 5,000 mètres carrés.

Le Creusot. — MM. Schneider et Cie ont eu, conjointement avec la Compagnie de Fives-Lille, l'entreprise générale des travaux métalliques du pont Alexandre III, qui représente plus de 5,000 tonnes de métal, et ont exécuté en location la passerelle de service, dont le poids est de 400 tonnes.

L'usine du Creusot a fondu trois des arcs d'acier du pont, représentant ensemble un poids de 465 tonnes.

MM. Daydé et Pillé. — MM. Daydé et Pillé ont exécuté :

Au Grand Palais des Champs-Élysées, le dôme et la nef perpendiculaire à l'avenue Nicolas II;

Au bâtiment du Génie civil, toute la charpente métallique avec le concours de la Société des ponts et travaux en fer.

Les charpentes du Grand Palais présentaient des difficultés spéciales à raison de la forme gauche des fermes marquant la pénétration entre le dôme et les nefs.

Au Génie civil a été appliqué, sur les indications de M. l'architecte Herment, un système de fermes reposant sur le principe du cantilever. Le montage a été fait à l'aide d'un pont de service constitué par une poutre métallique droite portée sur deux beffrois roulants.

La maison a construit en outre :

La passerelle des Invalides, à fermes en arcs portés sur pilotis et montés dans le vide par encorbellement progressif;

L'élargissement du pont d'Iéna, à l'aide de poutres droites reposant sur les avant-becs;

La passerelle située entre les ponts d'Iéna et de l'Alma, constituée par un arc principal de 75 mètres d'ouverture, et deux demi-arcs de 22 m. 50 d'ouverture; passerelle

qui a été montée en construisant d'abord les deux demi-travées de rives, puis, par encorbellement progressif, la travée centrale.

L'ensemble des travaux exécutés par la maison Daydé et Pillé pour l'Exposition représente un poids total d'environ 9,000 tonnes d'acier.

MM. Dubois et Nicolle. — MM. Dubois et Nicolle ont fourni l'ossature métallique du bâtiment des mines et de la métallurgie, comprenant le dôme d'entrée et un hall octogonal de 45 mètres d'ouverture et de 32 mètres d'élévation.

Cette entreprise correspond à une surface couverte d'environ 18,000 mètres carrés.

Le montage du hall a été effectué à l'aide d'un beffroi central supportant une large plate-forme formant chantier au niveau des pendentifs.

La maison a établi en outre : les planchers, les pans de fer et le dôme elliptique du palais de l'avenue d'Antin; le hangar à ballons de l'annexe de Vincennes.

M. Ducros. — M. Ducros a fourni la charpente de la porte monumentale, à fermes ornées de découpures métalliques.

Poids approximatif de la charpente, 200 tonnes.

Montage de l'ensemble, à l'aide d'une sapine centrale portant une grue tournante.

M. Kessler. — On doit à la maison Kessler la charpente métallique des deux serres : comprenant les fermes ogivales à arcs et pieds-droits en treillis ornés, et les rotondes et absidioles qui accompagnent les pavillons.

La surface couverte est approximativement de 5,600 mètres carrés.

M. Leclaire. — Charpente métallique des Manufactures nationales, représentant une surface couverte d'environ 12,500 mètres carrés. Construction dont la charge, reposant partiellement sur les galeries de la gare des Invalides, dut être répartie à l'aide de points d'appui multiples.

M. Liet. — Marquises, lanterneaux de galeries.

MM. Moisant, Laurent, Savey et Cie. — La maison Moisant a construit au Grand Palais la charpente métallique de la nef parallèle à l'avenue Nicolas II, moins le dôme central. Elle a exécuté, en outre, la charpente de l'escalier d'honneur et les galeries hautes du rez-de-chaussée.

La charpente de la nef présentait des difficultés spéciales à raison des croupes qui la terminent et qui reposent sur un plan en courbe prononcée.

Le montage s'est effectué à l'aide d'un seul pylône roulant surmonté d'une grue tournante, à moteur électrique. La partie basse des fermes a été posée en porte-à-faux; pour les parties hautes on s'est aidé de passerelles amovibles.

A l'entreprise Moisant appartiennent également les charpentes métalliques du bâtiment des fils et tissus.

Ici, on s'est attaché à disposer les fermes de telle sorte qu'elles pussent être ultérieurement remployées. Le montage s'est fait comme au Grand Palais, à l'aide d'un pylône roulant, mais plus léger et mû par la vapeur.

Le poids du métal mis en œuvre est approximativement de 7,000 tonnes, dont 3,600 pour le Grand Palais.

M. Roussel. — Charpente métallique de la Section de la mécanique, combles du Petit Palais, planchers de galeries, armatures des plafonds sous les bassins.

Les surfaces couvertes sont approximativement :

Pour le Palais de la mécanique, 25,000 mètres carrés;

Pour le Petit Palais, 4,500 mètres carrés.

Les charpentes du Palais de la mécanique présentent une disposition en cantilever : deux bras s'avançant vers le vide, et, dans l'espace central, un lanterneau.

M. Schmid. — Charpente de la partie médiane du palais de l'Esplanade (côté Fabert), et de la plate-forme roulante.

L'entreprise de l'Esplanade des Invalides représente une surface couverte d'environ 10,000 mètres carrés. Le montage des fermes s'est effectué au moyen de simples grues.

L'entreprise de la plate-forme roulante répond à une commande d'environ 1,800 tonnes de métal, livrées en cinq mois.

Société de construction de Levallois-Perret. — Exécution, conjointement avec la Société de Fives-Lille, du plancher métallique de 1,500 mètres carrés qui recouvre la gare des Invalides, des travées métalliques de la plate-forme mobile, et des travées et palées métalliques du chemin de fer électrique.

Le plancher de la gare des Invalides représente 3,800 tonnes; et la plate-forme mobile, d'un développement de 1,408 mètres, a exigé pour ses palées et travées 2,300 tonnes de métal.

Société de constructions mécaniques. — Couverture à l'aide de poutres à béquilles, de la tranchée du chemin de fer comprise entre la rue Fabert et le pont des Invalides.

Surface, 2,140 mètres carrés. Poids du métal, 880 tonnes.

Société des forges de Franche-Comté. — Galeries de 30 mètres sur les avenues La Bourdonnais et Suffren, salle des dynamos, salle hexagonale des illusions.

Montage par échafaudage roulant portant grue.

Poids du métal, 3,250 tonnes.

Société des ponts et travaux en fer. — La Société des ponts et travaux en fer s'est associée à la maison Daydé et Pillé pour l'exécution de la nef du Grand Palais, perpendiculaire à l'avenue Nicolas II. Elle a exécuté, en outre, à ce même palais, le plancher haut du rez-de-chaussée et la charpente métallique sur galeries, côté Seine;

Aux bâtiments des Fils et Tissus et du Génie civil, les planchers et charpentes métalliques des galeries et des dômes d'angle (côté Seine).

MM. Schneider et Cie, et Compagnie de Fives-Lille. — Entreprise générale de la partie métallique du pont Alexandre III (voir ci-dessus, le Creusot).

M. Venot. — M. Venot a construit la charpente métallique de la salle des Fêtes.

Cette charpente est constituée par 16 fermes rayonnantes, dont 8 doubles et 8 simples, reliées à deux niveaux différents par des fermes annulaires fonctionnant comme frettes. La construction est abritée par la toiture de l'ancienne galerie des Machines, et l'ossature métallique se trouve tout entière à l'extrados de la coupole.

On a profité des fermes de la galerie qui enveloppe la salle des fêtes pour y prendre les points d'appui nécessaires au montage qui, grâce à cette circonstance, a pu s'exécuter sans échafaudage. L'usinage des ceintures métalliques a été assez précis pour que la pose ait pu s'effectuer sans retouches.

Le poids total du métal mis en œuvre est d'environ 1,840 tonnes, dont 1,322 pour le dôme proprement dit. Les deux ceintures du dôme représentent respectivement 220 et 150 tonnes.

Travaux divers de charpenterie métallique. — Les principaux exposants qui ont construit les escaliers mécaniques sont : MM. Bail-Pozzi, Baillet-Reviron, Colas et Vezet, Ducros, Henriet; Leperche (13 escaliers en fer et bois au bâtiment des Fils et Tissus, 4 au bâtiment de l'Électricité; à la salle des Fêtes, 4 de 6 m. 50 de largeur); Moisand; Taillandier et Boyer.

Planchers et travaux divers : MM. Cuchet, Dumez; les sociétés des Aciéries de France et des Ponts et travaux en fer.

Passerelles sur câbles de suspension du quai Debilly : M. Arnodin.

CHARPENTES EN BOIS.

Les principaux travaux de charpenterie en bois ont été exécutés par MM. Bertrand, Borderel, Blanchet, Bosc; Collas, Vezet et Cie, Dubuisson, Guyon (échafaudages); Haour (bâtiment du Commissariat général, charpentes du Château d'eau, charpentes aux bâtiments de la Mécanique, des Industries chimiques et à la partie médiane des Invalides. La plupart de ces charpentes étaient exécutées en bois de location); Favaron; Latapie; Le Coeur (entreprises diverses comprenant l'ensemble des clôtures); Pombla; Porier et Auvéty; les sociétés des Charpentiers de Paris et de la Villette, la Batignollaise, le Progrès; M. Thorel, qui a exécuté le grand arc en charpente du pavillon des forêts dont il avait l'entreprise générale; M. Thams qui a exécuté le pavillon de Norvège.

MENUISERIE.

Parmi les entrepreneurs de l'Exposition qui ont exposé à titre de menuisiers, il y a lieu de citer : MM. Bouillon, Carde, Cardé (motifs décoratifs), Caravillot, Fillon,

Launey, Le Cœur, Legal, Levasseur, Logie, Martin, Meheut, Penchenat, Prévost, Renoux, Sainte-Beuve, Vasseur, Wallart ; les sociétés l'Espérance du bâtiment, les Menuisiers de Paris.

Pour les travaux de treillage artistique : la société des Clôtures et Plantations pour chemins de fer ; M. Tricotel, qui a exécuté les décorations de treillage des serres ; MM. Carre, Groseil, Lozet.

Pour les travaux de parquetage : MM. Brodu, Fender, Latapie, les sociétés des Parqueteurs de Paris et des Ouvriers parqueteurs.

TRAVAUX EN CIMENT OU BÉTON ARMÉ ; PLÂTRERIE, HABILLAGES SUR MÉTAL DÉPLOYÉ OU SUR TOILE ; PANNEAUX EN PLANCHES DE PLÂTRE ET ROSEAUX ; PIERRES FACTICES ; STUCS ; ASPHALTES.

Travaux en ciment armé. — L'emploi du ciment armé a rendu exécutables à peu de frais des escaliers à dispositions très complexes, des parois de soutènement, des plates-formes, etc., d'une hardiesse extrême.

Les principaux travaux présentés par les entrepreneurs exposants sont les suivants :

M. Chassin. — Ciments armés des pavillons des Forêts et de la Navigation de commerce.

M. Coignet. — Parois de soutènement, planchers, ossature de la grande niche du Château d'eau, radiers des bassins.

M. L. Cordier. — Portiques du bâtiment de l'Enseignement, à poteaux en ciment armé ; balcons à grands encorbellements.

M. Dumesnil, concessionnaire des brevets Hennebique. — Couverture de la tranchée du chemin de fer des Moulineaux sous le palais des Armées de terre et de mer ; tranchée et passerelle à voûte nervée du quai Debilly ; plancher haut du rez-de-chaussée du palais de l'avenue d'Antin ; escaliers en spirale du petit palais des Beaux-Arts ; escalier du bâtiment des Lettres et Sciences ; grand escalier du palais des Invalides (côté Constantine) présentant un palier de 5 mètres sur 7, épais de 0 m. 14 et éprouvé par une charge de 1,100 kilogrammes par mètre carré.

M. Vabre. — Couvertures sur la tranchée des Moulineaux ; pavillon de la Presse, escalier et socle du bâtiment du Génie civil ; pavillon du Costume.

M. Filliâtre. — Revêtement du pourtour du lac Daumesnil, piste du vélodrome à l'annexe de Vincennes.

M. Grondel. — Travaux en ciment armé du bâtiment des Fils et Tissus.

M. Hennebique. — Voir Dumesnil.

M. Martrai. — Système à fils métalliques assimilables à des câbles de ponts suspendus : Escaliers du bâtiment des Manufactures nationales.

M. Roquerbe. — Plafond recouvrant la ligne des Moulineaux sous le pavillon des Armées.

Compagnie du métal déployé. — Fourniture de ces sortes de réseaux d'acier obtenus par le découpage et l'extension d'une feuille de tôle, et employés pour recevoir le revêtement d'enduit qui forme le parement de la plupart des édifices de l'Exposition.

Plâtrerie ; habillages de plâtre sur métal déployé ou sur toile. — Les principaux entrepreneurs qui ont exécuté des parements sur métal déployé, sont : MM. Bouillon ; Cormier (travaux d'enduit, sur métal déployé, des berges); Lapeyrère (plâtreries sur métal déployé au palais des Mines, de l'Enseignement, des Manufactures nationales, du Génie civil, de l'Électricité, aux pavillons de la Russie et de la Hongrie ; la salle des Fêtes : travail commencé le 14 janvier et terminé le 14 avril 1900); Lang (plafonds en plâtrerie du palais des Invalides, côté Constantine); Perrot (façades en plâtre sur métal déployé du palais des Armées de terre et de mer); Thierry (plâtreries du bâtiment de l'Enseignement).

Revêtements en planches de plâtre à noyau de roseaux. — Ces planches économiques ont été employées par MM. Ducroizet (bâtiment de l'Esplanade, côté Constantine); Guillon et Souillard (bâtiment du fond du Champ de Mars); Perrot (bâtiment des Armées de terre et de mer); la Société des panneaux fibrocortchoïna (bâtiments des Fils et Tissus et du Génie civil).

M. Fabre a appliqué ce système aux façades de l'Esplanade et y a en outre exécuté des plafonds en plâtre sur treillage en fil de fer ; aux portiques avoisinant le Château d'eau, il a construit des voûtes en roseaux et enduits.

Pierres factices. — M. Boisselier a exécuté en pierres artificielles des balustrades du palais du fond du Champ de Mars ; au palais du Génie civil, des socles et marches.

M. Cuel a employé, pour des bassins de fontaines et pour les décors des cinq bureaux de postes, des poussiers de pierre agglomérés en matériaux factices.

M. Vabre a appliqué un système de pierres factices aux loggias de la Mécanique ; MM. Chalanqui-Beuret et Blackwell, divers travaux en « rubiroïd » ; MM. Guillon et Souillard, des constructions en « calcaire durci » et fibrocortchoïna.

Stucs et staff durci. — Travaux en stuc : MM. Collantier (enduit dit *stucatine*); Danielli (marbre factice); H. Germain, Rousselet, Tachard, Valet ; la Société du Porphyrolithe.

L'Union des ouvriers mouleurs a exécuté à la salle des Fêtes des revêtements en « stuc pierre » et staff durci.

Asphaltes, bitumes, carrelages, pavages. — MM. Auvillain, Braunhausen, Cuel, Maubrey, Piquot; les Sociétés des mines de bitume du Centre, de pavage et des asphaltes de Paris; les Asphaltes de France; la Société des paveurs de Paris.

OUVRAGES DE FERRONNERIE, SERRURERIE, QUINCAILLERIE, FONTE, MÉTALLISATION ÉLECTRIQUE.

Ferronnerie. — Ont concouru à titre d'exposants aux travaux de ferronnerie : MM. Barbot et Thomas, Baudon, Cuchet, Nadal et Roger; la Société des forges de Franche-Comté.

Serrurerie artistique. — Les principaux ouvrages de serrurerie artistique sont les grilles, balcons des palais des Champs-Élysées et des Armées de terre et de mer; l'escalier principal du Grand Palais.

Les grilles du Petit Palais ont été exécutées par M. Bardin; celles du Grand Palais, par MM. Bergerot, Schwartz et Meurer, et par M. Ducros, qui a également fourni la grille en fer ouvré de la Porte monumentale. Les grilles du palais des Armées de terre et de mer sont de M. Robert. Les rampes en cornières courbées du principal escalier du Grand Palais ont été fournies par M. Maison; les balustrades en fers profilés et cornières tournées du bâtiment des Mines, par l'Union des ouvriers serruriers.

Ont concouru à la serrurerie d'art, MM. Bernard, Borderel, Rode, la Société des serruriers constructeurs.

Quincaillerie, menuiserie métallique. — M. Fromentin expose les crémones du Petit Palais, combinées en vue de parer aux déformations des vantaux; M. Leglay, des paumelles permettant, par un montage sur ressorts, d'assurer aux portes un mouvement de va-et-vient.

Ont concouru aux travaux de quincaillerie, serrurerie et menue ferronnerie : MM. Audois, Beaudouin, Bonneau, Bricard, Brun-Cottant, Daval, Deny, Ferry, Fromentin, Maheut, Michelin, Moreau, Nadal et Roger, J. Renaud, Taillandier-Boyer, la société L'Avenir du bâtiment;

Aux ouvrages de menuiserie métallique, MM. Crosnier, Genissieu.

Fonte d'acier et de fer. — Les voussoirs du pont Alexandre III, pièces d'acier fondu et recuit dont le poids moyen est de 5 tonnes et dont quelques-uns pèsent 5,650 kilogrammes, ont été fournis par cinq usines, savoir :

Forges de Châtillon et Commentry: quatre arcs dont les deux arcs de tête. Poids approximatif, 620 tonnes.

Forges et aciéries de la Marine et des chemins de fer : quatre arcs intermédiaires. Poids, 620 tonnes.

Forges et aciéries du Creusot : trois fermes. Poids, 465 tonnes.

Forges et aciéries de Saint-Étienne : deux fermes. Poids, 310 tonnes.

Aciéries et forges de Firminy : deux fermes. Poids, 310 tonnes.

Parmi les fonderies de fer, il y a lieu de citer le Val-d'Osne, la Société de fonderie artistique ; M. Salin, le Comptoir des fontes, M. Capitain-Gény.

Fonte de bronze, figures en cuivre martelé. — Les principaux travaux de bronze artistique exposés sont dus à :

M. Capitain-Gény : deux groupes de bronze décorant la façade de l'avenue d'Antin, et pesant chacun 4,500 kilogrammes ; un groupe de fonte couronnant la façade et pesant 22,000 kilogrammes ;

La société des Établissements Durenne, qui a exécuté deux des groupes de bronze doré des pylônes du pont Alexandre III, les mains courantes du pont, ainsi que les garde-corps en fonte de fer ;

MM. Fumière et Gravignot ; Foretay (bronze imitation) ; Jardillier ; Lacarrière et Delatour ; la Société du Val-d'Osne.

Les groupes en cuivre martelé du pont Alexandre III ont été réalisés par MM. Pérignon et Vinet ; les cartouches, par M. Monduit.

Zincs. — M. Beau a exécuté en zinc le groupe central du bâtiment de l'Électricité, l'aigle du pavillon américain ; MM. Leboeuf et Grébeauval, des zincs ornés.

Métallisation électrique. — La société La Métallisation a revêtu de bronze les bases des grands mâts de la Porte monumentale ; M. Soleau a mis à l'électricité deux figures de la salle des Fêtes.

COUVERTURE ET PLOMBERIE, TUYAUTERIE.

Parmi les entrepreneurs de couverture et plomberie portés comme exposants, il y a lieu de citer MM. Ackar-Grandpierre ; Beau et Taillet, Chassagne, Crouilbois, Delogé, Dutour, Genvré, Mathieu, Monduit, Parion et Mathonet, Poupard, Sauvain, Schutz et Sené, Soulé, Thomassat, Turbeau (ardoises de zinc à dilatation libre), Ulmer, la société L'Avenir, la Société des plombiers couvreurs de la Seine.

M. Charpentier expose une couverture en toile de lin appliquée aux stations du chemin de fer électrique.

Des chéneaux et tuyaux en fonte ont été fournis par MM. Gérard, Hardy, la Société des chéneaux et tuyaux en fonte ; des tuyaux en toile, par M. Jeanson.

La société des Ardoisières d'Angers présente, indépendamment de son pavillon construit en grande partie avecses produits, ses fournitures aux deux palais des Champs-Élysées, au pavillon de la Ville de Paris, etc.

CHAUFFAGE, VENTILATION, INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES, OUVRAGES SANITAIRES, ETC.

Ont concouru aux travaux de canalisation souterraine: MM. Berthier, Bonna, Braunshausen, Chevillard, Doucède (tuyaux de grès assemblés par des bagues métalliques et des joints en ciment), Empereur-Bissonnet, Fréton, Gibault, Grossard, Grandchamp, Nicou et Demarigny, Sainrapt;

Aux travaux de chauffage et ventilation : MM. Bohain, Boeringer (chauffage à la vapeur du Petit Palais), Fouché, Farcot fils, Huglo, Leroy (quatre ventilateurs donnant à la salle des Fêtes chacun 72,000 mètres cubes d'air par heure sous la pression de 7 millimètres d'eau ; chauffage des bâtiments de l'Administration);

A l'établissement des water-closets et urinoirs : la Compagnie des chalets de commodité; M. Larivière ;

Aux appareils d'assainissement, M. Jacob.

L'évacuation des eaux de la rive gauche de la Seine a été organisée par M. G. Pereire. Le principe de la méthode a été indiqué à propos des travaux d'édilité.

La plate-forme mobile et le chemin de fer électrique ont été établis par la Compagnie des transports électriques de l'Exposition (voir plus haut).

Divers travaux d'installation électrique ont été faits par MM. Altmeyer, Brulé, la Compagnie des travaux d'éclairage et de force ;

Des paratonnerres, par MM. Rousseau, Lecoq et Mathieu, Boivin, Borrel ;

Des postes d'incendie, par M. Cassassa ; poste ambulance, par M. Gillot ;

Quatre machines élévatoires, par la Société des pompes Worthington ;

Des ascenseurs, par M. Edoux ;

Des ouvrages de fontainerie, par MM. Mathelin et Garnier, Charpin ;

Les installations hydrauliques du Château d'eau et des fontaines lumineuses, par MM. Vedovelli et Priestley ;

La construction de la grande grue Titan de la Galerie des Machines, par M. Le Blanc ;

La grande roue de Paris, de 100 mètres de diamètre, par la Société d'Hautmont.

Des travaux de jardinage ont été exécutés par MM. Versillé et Dioudonnat, Petit, Berthier, Dauphin et Bonnet, Delande, Laigneau, Marceau.

PEINTURE DE BÂTIMENT, DORURE, VITRERIE, VÉLUMS, TRAVAUX D'IGNIFUGAGE.

Parmi les exposants, nous citerons, comme peintres en bâtiment, MM. Blad, Buisson, Carot, Cornil, Gaudin, Henrique, Lemoro, Maire et Delassue, Vallée (peinture au rayval) ; les sociétés La Fraternelle, La Mutuelle, Le Ripolin, Le Travail; M. Béjean (dorure), M. Esteuf (dorure), M. Carré (travaux d'ignifugage);

Comme entrepreneurs de travaux de vitrerie, MM. C. Bernard, Biasca, Blocka, C. Blanc, Brot, Dauphin, Delassue, Guenne et Guilquin, Hagnauer, Joussenet et Murat, Paris (cabochons), Turin; la société La Solidarité française;

Comme fournisseurs de verres et de grandes glaces : les Sociétés des Glaces de Saint-Gobain, des Glaces et verres spéciaux du Nord, des Verreries d'Aniche, des Glaces de Maubeuge ; MM. Landier (cristaux des candélabres du pont Alexandre III), Hagnauer, Martin (vitrerie et dallage en verre), la Société des céramiques de Garchey (carrelages en verre).

Les vélums des classes, avec inscriptions en toiles découpées et cousues, représentant une surface totale de 400,000 mètres carrés environ, ont été fournis par MM. Jumeau et Jallot.

L'ignifugage des ouvrages bordant la Seine a été fait par la maison Hennequin.

Des plafonds en toile et des vélums ont été exécutés par la maison Belloir.

PEINTURE DÉCORATIVE, MOSAÏQUES, VERRES ET FAÏENCES COLORÉS, GRÈS CÉRAME, MARBRERIE.

Nous mentionnerons parmi les décorateurs portés comme exposants :

Palais de l'Esplanade : MM. Auburtin, Baudouin, Buffet, Chabas, Galland, Gouillet, Hista, Labreux, Ledoux.

Palais du Champ de Mars : MM. d'Espouy, Delmotte, Chaperon, L. Fournier, Le Riche, Tayaux, Turin.

Salle des Fêtes : MM. Barbin, Bergès, Berthier, Biessy, Bigaux, Bonnencontre, Bouton, Cesbron, Cormon, Durouze, Flameng, Gaïda, Karbowsky, Membrée, Motte, Nay de Mézenec, G. Sauvage, Thibaudeau, Thirion.

Édifices divers : MM. Auban, Arvid-Johanston, C. Blanc, Beroud, Bardou et Leclerc, Besson, Campan, Galland, Gaucher, Gouillet, A. Lecourt, Meurin, Mangonot, Risler (études d'un fragment d'architecture céramique exécuté à Sèvres), Ruty, Poilleux-Saint-Ange, la société Le Travail.

Pour les verrières peintes, nous citerons parmi les exposants : MM. Champigneulle, Carot, Daumont-Touvenel, Ehrmann, Gsell, Gaudin (plafond de la salle des Fêtes), Picard.

M. Appert a fourni les verres à reflets irisés et les cabochons de la Porte monumentale.

La Manufacture de Sèvres a exécuté la frise émaillée du Grand Palais, du côté de l'avenue d'Antin ; MM. Gilardoni, Creil et Montereau, des balcons, des revêtements de céramique ; M. Müller, une frise à grands personnages à la Porte monumentale ; M. Bigot, des grès artistiques à la Porte monumentale et à la salle des Fêtes.

Les auteurs des principaux travaux de mosaïque sont : MM. Gilbert-Martin, qui a exécuté la frise du Grand Palais du côté de l'avenue Nicolas II, et divers travaux de dallage ; Facchina ; Martin (René) ; Simons (salle elliptique du Grand Palais).

Marbreries : MM. Coutrot, Delebecque, Gorge, Henaut.

Tapisseries : l'Association des ouvriers tapissiers ; la maison Belloir.

SCULPTURE DÉCORATIVE, STAFFS, PLÂTRES ORNÉS, ROCHERS ARTIFICIELS.

Parmi les exposants inscrits au catalogue pour leur participation aux travaux de sculpture décorative et de staffs ornés des palais, nous mentionnerons :

Pont Alexandre III : MM. Biron (pylônes et balustrades), Darvant, Glandzlin, Lemesle, Poulin, Vienne (sculpture sur granit).

Palais des Champs-Élysées : MM. Allard, Allouard, Becquereau, Bois-d'Enghien, Bonin, Boucher, Bouillon, Corbel, Cruchet, Desvergnes, Dubois, Dupuy, Flandrin, Despois de Folleville, Germain, Giard et Meyer, Greher, Gorge, Guillemin, Houguenade, Kulikowski, Lombard, Lemaître, Labatut, Lafour, Laoust, Laurent, Leroy, Le Vasseur, Nansouky, Nelson, Peter, Seysses, Simon, Suchetet, Thomas, Tony, Verlet, la Société des sculpteurs, décorateurs et ornemanistes, la Société des ornements, l'Union coopérative des sculpteurs-mouleurs français.

Palais de l'Esplanade : MM. Dejardin, Desca, Jacquier, Julien, Mallet-Pinard, Marie, Peulier-Raullière, Pangoy, la société Le Staff.

Palais du Champ de Mars : MM. Alméras, Auberlet, Barbier, Boquet, Devèche, Desbois, François, Jacquier, Lemesle, Leyssale, L'Hœst, Millet, Poulin, Ragon, Rossel, Roy et Reynaud, Trugard, Vassal, l'Association des Neuf.

Édifices divers : MM. Bonval, Boutier, Faivre, Galy, Guillot, Larue, Legrain, Roger, Vienne.

Rochers artificiels : MM. Berthier (E.), Combaz.

STATUAIRE ET PEINTURE ARTISTIQUE.

Peinture artistique. — Les principaux travaux de peinture artistique ont été exécutés pour la salle des Fêtes.

Parmi les artistes qui y ont concouru et dont les noms figurent à titre d'exposants au catalogue de la Classe 29, il convient de citer :

Pour la salle des Fêtes : MM. Hirsch, A. et J.-P. Laurens, Lecout, Maignan, Maillard, Mengin, Rochegrosse, Sauvage, Suraud, Tournier.

Pour les autres parties de l'Exposition : MM. Béroud, J. Blanc, Ruty, Poilleux-Saint-Ange.

Statuaire. — Pont Alexandre III : Les figures en bronze doré qui couronnent les pylônes du pont Alexandre III sont dues à MM. Fremiet (groupes des Champs-Élysées); Granet, Steiner (groupes des Invalides).

Les grandes statues adossées à ces pylônes sont dues à MM. Coutan (*la France de la Renaissance*) ; Lenoir (*la France romane*) ; Marqueste (*la France de Louis XIV*) ; Michel (*la France moderne*).

Les lions et les génies sont de MM. Dalou (lions et génies, côté des Invalides) ;

Gardet (lions et génies, côté Champs-Élysées); Gauquié (rondes d'enfants des candélabres); Massoule (génie des eaux, côté des Invalides); Morice (génie des eaux, côté Champs-Élysées).

Les autres figures sont de MM. Dawant, Perrin, Récipon.

Grand Palais des Champs-Élysées : MM. Baralis, Barrias, Barreau, Bayard de la Vingtrie, Beguine, Blanchard, Boisseau, Boutrique, Charpentier, Clausade, Cordonnier, Denécheau, Dunaille, Dupuis, Enderlin, Falguière, Gasc, Lefèvre, Léonard, Madeline, Recipon, Sicard, Soldi, Soulès, Tony, Theunissen, Villeneuve.

Petit Palais : MM. Carlus, Convers, Desvergnes, Fagol, Ferrari, Hercule, Hugues, Injalbert, Lefeuvre, H. Lemaire, de Saint-Marceaux, Moncel, Peynot.

Palais de l'Esplanade des Invalides : MM. Bacquet, Bardelle, Beylard, Blanchet, Boverie, Damé, Frère, J. Froment-Meurice, Guillaume, d'Houdain, B. Larche, Marquet de Vasselot, Paris.

Palais du Champ de Mars (façades) : MM. Allar, Bernard, Chrétien, Desvergnes, Dumilâtre, Houssin, G. Lemaire, Loiseau-Bailly, Miseray, Perrin, Vernhes, Teunissen.

Château d'eau : MM. Cordier, Cordonnier, Desbois, Desruelles, Dolivet, Fontaine, Gauquié, Hannaux, Lefebvre, Mengre, Octobre, Pallez, Perrin, Picaud, Roux, de Saint-Vidal, Schnegg.

Salle des Fêtes : MM. Bailly, Barrau, Bourgeois, Cadoux, Captier, Carlès, Carlet, Curillon, Daillion, Darbefeuille, Debrie, Feitre, Fossé, Fouques, Grandin, Guittet, Hiole, Hiolin, de Kwiatkowska, G. Leclaire, Leroux, Malherbe, Malric, Maniglier, Marioton, de Mellanville, Mengue, Mengin, Moria, Noël, Pallez, Pécou, Perron, Pilet, Piron, Porcher, Raissiguier, Raynaud, Rispal, Rolard, Roubaud, Rousaud, L. et M. Roussel, Salières, Sollier, Steeïer, Vallon, Vital Cornu.

Porte monumentale : MM. Bigot, Guillet, Jondet, Jouve, Moreau-Vauthier.

Pavillons divers : MM. Dagouet, Dubos, Geoffroy, Tourgueneff.

Pour la première partie (*Travaux publics*) :
F. DE DARTEIN.

Pour la deuxième partie (*Travaux d'édilité*)
et la troisième partie (*Travaux de l'Exposition*) :
A. CHOISY.

CLASSE 30

Carrosserie, Charronnage, Automobiles et Cycles

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

M. G. FORESTIER

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES

M. COTTENET

PRÉSIDENT DE LA CHAMBRE SYNDICALE DE LA CARROSSERIE

M. DE CHASSELOUP-LAUBAT

SECRÉTAIRE DE LA COMMISSION D'ORGANISATION
DE LA SECTION VII DES CONCOURS INTERNATIONAUX D'EXERCICES PHYSIQUES ET DE SPORTS

M. PHILIPPE BOVET-JAPY

DIRECTEUR-GÉRANT DE LA MAISON *LES FILS DE PEUGEOT FRÈRES*

IMPRIMERIE NATIONALE.

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. Cottenet (Maurice), ingénieur des arts et manufactures, carrosserie [maison Henry Binder] (hors concours, Paris 1889; président des comités, Paris 1900), président de la Chambre syndicale de la carrosserie, *président*. . . . . France.

Howard (J.-W.), commandant en retraite, ingénieur-conseil, *vice-président*. . . . . États-Unis.

Forestier (G.), inspecteur général des ponts et chaussées, membre de l'Automobile-Club, *rapporteur*. . . . . France.

Clément (Adolphe), vélocipèdes, directeur fondateur des usines Clément (comités, jury, Paris 1889; comités, Paris 1900), *secrétaire*. . . . . France.

JURÉS TITULAIRES FRANÇAIS.

MM. Bollée père (Amédée), automobiles (médaille d'or, Paris 1889; comité d'admission, Paris 1900). . . . . France.

Breton (Jules-Louis), député du Cher, publiciste. . . . . France.

Darracq (Alexandre), directeur des usines Perfecta (médaille d'or, Paris 1889; comité d'admission, Paris 1900). . . . . France.

Lemoine (Louis), ingénieur des arts et manufactures, essieux et ressorts pour la carrosserie, les chemins de fer et les automobiles (hors concours, Paris 1878: médaille d'or, Paris 1889). . . . . France.

Mühlbacher (Gustave), vice-président de la Chambre syndicale de la carrosserie (comités, jury, Paris 1889; comités, Paris 1900). . . . . France.

Onfray (Louis), directeur de la Compagnie française des cycles, président d'honneur de la Chambre syndicale du cycle et de l'automobile (trésorier des comités, Paris 1900). . . . . France.

JURÉS TITULAIRES ÉTRANGERS.

MM. Klose, conseiller ingénieur supérieur. . . . . Allemagne.

Charlerie (L. de la), président de l'Union et Veloce-Club de Bruxelles. . Belgique.

Holmes (Charles), ancien président de l'Institut des manufacturiers de voitures de la Grande-Bretagne. . . . . Grande-Bretagne.

JURÉS SUPPLÉANTS FRANÇAIS.

MM. Bovet-Japy (Philippe), vélocipèdes [maison Les fils de Peugeot frères] (comité d'admission, Paris 1900), vice-président de la Chambre syndicale du cycle et de l'automobile. . . . . France.

Chasseloup-Laubat (Comte Gaston de), automobiles, membre du conseil d'administration de l'Automobile-Club de France. . . . . France.

MM. Ducellier (Gabriel), lanternes pour voitures et vélocipèdes, secrétaire de la Chambre syndicale des fabricants français de lampes..... France.

Quénay (Édouard), président honoraire de la Chambre syndicale des carrossiers, directeur de la Société des chaudières et voitures à vapeur système Cotte (comités, Paris 1878, 1889, 1900)..... France.

Rodrigues-Ely (Camille), président de la Chambre syndicale des fabricants français de lampes, lanternes et accessoires [maison Boas-Rodrigues et Cie] (hors concours, Paris 1889)..... France.

JURÉ SUPPLÉANT ÉTRANGER.

M. Roxendorff (A. F. A.), ingénieur..... Suède.

EXPERTS.

MM. Belvalette (Alfred), carrosserie, vice-président de la Chambre syndicale des carrossiers de Paris..... France.

Breteau (René), carrosserie..... France.

Faurax (Léon), carrosserie, président des Syndicats réunis des carrossiers, charrons, selliers, bourreliers et constructeurs de chemins de fer..... France.

CARROSSERIE,

CHARRONNAGE, AUTOMOBILES ET CYCLES.

I

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Nous laisserons à d'autres, plus versés en l'art d'exprimer leurs impressions, la tâche difficile de parler des splendeurs de l'Exposition à laquelle la Classe 30 a pris largement sa part. Nous ne chercherons pas à rendre, même imparfaitement, l'effet produit par l'ordonnance simple et méthodique de la salle affectée à cette classe dans l'enceinte générale du Champ-de-Mars, remplie d'objets brillants réfléchissant si vivement la lumière, et de voitures aux couleurs chatoyantes, ainsi que par le contraste, soit des hautes et massives roues de charrons avec les détails minuscules des voiturettes d'enfants, soit des pesants véhicules industriels avec les bicyclettes si légères.

Nous bornerons notre ambition à chercher à donner une idée nette de l'importance et du caractère de cette exposition de l'industrie des moyens de transport sur route, à la fin du XIXe siècle.

En 1889, la superficie de la belle galerie affectée à la seule exposition française de carrosserie, charronnage, sellerie, bourrellerie, vélocipédie, voitures d'enfants et industries annexes, était de 4,497 mètres carrés; mais les fabricants étrangers avaient exposé pour ces mêmes industries dans leurs sections nationales respectives.

En 1900, la surface primitivement affectée pour tous les exposants français et étrangers de la Classe 30, dans l'enceinte générale du Champ-de-Mars, était de 7,000 mètres carrés environ; ce qui, après déduction des chemins et passages, ne laissait disponible pour les objets exposés que 3,800 mètres carrés.

A l'annonce de ce chiffre, plus faible que celui de 1889, le monde du cycle et de l'automobile poussa les hauts cris, car, en effet, depuis onze ans, l'industrie française du cycle avait décuplé sa fabrication et l'industrie de l'automobile, née à peine depuis cinq ans, couvrait déjà le monde de ses voitures.

Non seulement les chambres syndicales du cycle et de l'automobile réclamaient plus d'espace, elles prétendaient même devoir constituer chacune une classe à part distincte en dehors de la carrosserie et du charronnage.

La classification arrêtée depuis longtemps était immuable; l'espace disponible dans les palais projetés au Champ-de-Mars était limité.

Les prétentions, si justifiées qu'elles fussent, des industries nouvelles, ne purent être accueillies.

Tout ce que l'Administration de l'Exposition put faire pour elles, ce fut de leur construire, à l'autre bout de Paris, à l'annexe de Vincennes, des baraquements pour recevoir le surplus de leur production.

Au Champ-de-Mars, les fabricants de cycles et d'automobiles pouvaient se borner à déposer « leur carte de visite », c'est-à-dire leurs voitures ou leurs machines bien finies, admirablement bien peintes, mais vouées à l'immobilité.

A l'annexe de Vincennes, au contraire, ils avaient la faculté de pouvoir faire apprécier par le public les mérites de leur fabrication, en faisant circuler leurs machines à toutes allures sur la piste du lac Daumesnil, voire même sur les routes publiques des environs avec les clients désireux de les étudier en marche.

Un bâtiment demi-circulaire, d'une surface de 5,400 mètres carrés, fut consacré aux voitures automobiles et industries annexes françaises et étrangères.

Un bâtiment rectangulaire, d'une surface de 1,400 mètres carrés, était destiné aux cycles et voiturettes légères, tant français qu'étrangers.

Enfin, les industriels américains syndiqués furent autorisés à élever à la déesse bicyclette un temple de 1,200 mètres carrés, qui fut une des parties de l'Exposition la plus fréquentée par le public et étudiée avec le plus de fruit par le Jury de la Classe 30.

Le tableau suivant du nombre des exposants respectifs des cinq sections de la Classe 30, montre combien étaient justifiées les prétentions des constructeurs de cycles et automobiles à l'étendue des espaces à mettre à leur disposition :

NATIONALITÉ.	CARROSSERIE.		CHARRONNAGE.		CYCLES.		AUTOMOBILES.		INDUSTRIES DIVERSES.		TOTAUX.
	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	
Allemagne	5	//	//	1	2	7	2	8	2	2	29
Autriche	2	//	//	//	//	//	1	//	//	//	3
Belgique	9	//	//	//	1	//	2	//	//	//	12
Colonies françaises	//	//	6	//	//	//	//	//	//	//	6
Danemark	//	//	//	//	1	//	//	//	1	//	2
Espagne	1	//	//	//	//	//	//	//	//	//	1
États-Unis	1	//	//	//	//	16	5	4	3	8	37
A reporter	18	//	6	1	4	23	10	12	6	10	90

Observation. — Le catalogue officiel comportait un plus grand nombre d'exposants, tant en France que dans les sections étrangères. Un certain nombre ont laissé leurs stands inoccupés. Il n'a été tenu compte, dans les chiffres ci-contre, que des exposants réellement présents, ayant pris une part effective à l'Exposition.

NATIONALITÉ.	CARROSSERIE.		CHARRONNAGE.		CYCLES.		AUTOMOBILES.		INDUSTRIES ANNEXES.		TOTAUX.
	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	CHAMP-DE-MARS.	VINCENNES.	
Report	18	//	6	1	4	23	10	12	6	10	90
France	41	//	11	//	30	25	100	69	138	62	476
Grande-Bretagne	9	//	2	//	1	1	//	//	8	2	23
Grèce	//	1	//	//	//	//	//	//	//	//	1
Hongrie	3	//	//	//	//	//	//	//	2	//	5
Italie	2	//	//	//	//	4	//	//	4	//	10
Luxembourg	//	//	//	//	//	//	//	//	1	//	1
Mexique	1	//	2	//	//	//	//	//	//	//	3
Norvège	2	//	//	//	//	//	//	//	//	//	2
Pays-Bas	//	//	//	//	1	//	//	//	//	//	1
Roumanie	2	//	//	//	//	//	//	//	//	//	2
Russie	7	//	//	//	//	//	//	//	3	//	10
Suède	//	//	//	//	//	3	//	//	//	1	4
Suisse	1	//	//	//	1	//	1	//	1	//	4
TOTAUX	86	1	21	1	37	56	111	81	163	75	632

Après un mois d'investigations et d'études journalières, le Jury de la Classe 30 a estimé devoir attribuer à cette armée d'exposants les récompenses suivantes :

RÉCOMPENSES.	CARROSSERIE		CHARRONNAGE		CYCLES		AUTOMOBILES		INDUSTRIES ANNEXES		TOTAUX.
	FRANÇAISE.	ÉTRANGÈRE.	FRANÇAIS.	ÉTRANGER.	FRANÇAIS.	ÉTRANGERS.	FRANÇAIS.	ÉTRANGERS.	FRANÇAISES.	ÉTRANGÈRES.	
Hors concours	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Grands prix	4	2	1	//	//	3	3	1	1	//	15
Médailles d'or	9	12	4	//	3	8	3	8	10	3	60
Médailles d'argent	15	20	2	//	5	15	15	3	35	4	114
Médailles de bronze	3	13	5	//	6	5	22	3	40	4	101
Mentions honorables	4	3	1	3	11	5	18	2	40	8	95
TOTAUX	35	50	13	3	25	36	61	17	126	19	385

On aura une idée assez nette de l'importance relative de la Classe 30, en 1900, et

à l'Exposition universelle de 1889, si on rapproche de ce tableau celui qui figure à la fin du rapport de M. Quesnay sur la même Classe.

RÉCOMPENSES.	CARROSSERIE. — VOITURES.		CHARRONNAGE.	VÉLOCIPÉDIE.	VOITURES pour MALADES et ENFANTS.	INDUSTRIES DIVERSES.	TOTAUX.
	LUXE.	SERVICES PUBLICS.					
Grands-Prix	4	//	//	//	//	//	4
Médailles d'or	10	2	2	2	//	7	23
Médailles d'argent	28	//	10	4	1	34	77
Médailles de bronze	21	1	12	5	3	23	65
Mentions honorables	7	//	3	10	//	11	31
TOTAUX	70	3	27	21	4	75	200

En outre, 129 récompenses ont été attribuées à la bourrellerie qui, en 1889, faisait partie de la Classe 60.

On comprendra que, pour rendre compte même seulement des voitures, cycles, automobiles et accessoires qui ont mérité à leurs constructeurs ou fabricants les 367 récompenses énumérées plus haut, un rapporteur devrait posséder, avec un talent d'exposition sobre et lumineuse, une compétence encyclopédique peu ordinaire.

La Classe 30 comprend, en effet :

1° Moyens de locomotion individuelle : patins, vélocipèdes, bicyclettes, tricycles; mode de fabrication; pièces détachées.

2° Moyens de transport :

a. Traction humaine ordinaire : brouettes, binards, voitures à bras, voitures de marchandes de pain, voitures d'enfants, fauteuils pour malades;

b. Traction humaine mécanique : bicyclettes avec remorque, tri-porteurs;

c. Traction animale : véhicules lourdement chargés, lents : charrettes, chariots, fourragères, camions; véhicules moins lourdement chargés et plus rapides : voitures de livraison; véhicules légèrement chargés, plus ou moins rapides : voitures à ânes ou poneys; voitures à deux roues : charrettes anglaises, tilburys, etc.; voitures à quatre roues : 1° carrosserie industrielle, c'est-à-dire fabriquée en série sur des types courants; 2° carrosserie artistique, c'est-à-dire fabriquée spécialement pour un client déterminé, de manière à être en harmonie avec ses besoins, sa manière de vivre, de se faire servir;

d. Voitures à la mode du jour;

e. Voitures inspirées de véhicules plus ou moins anciens;

f. Traction mécanique : véhicules automobiles d'agrément ou de sport : motocyclettes, motocycles, quadricycles; voiturettes : voitures légères, voitures de tourisme, voitures de course; véhicules automobiles industriels; voitures de place, voitures de remise,

omnibus; voitures de livraison : service de ville ou de banlieue; camions : service de ville ou de banlieue;

g. Industries annexes : essieux, boîtes de moyeu, ressorts; roues : en bois ou métalliques; bandages : métalliques, élastiques; pleins ou pneumatiques; freins sur bandage, sur jantes, sur couronnes fixées aux moyeux; graissage : lanternes, garnitures et divers.

De plus, le compte rendu de chacune des sections de la Classe 30 comporte un exposé historique faisant ressortir les améliorations lentement réalisées, depuis le commencement du XIXe siècle, dans la fabrication des diverses pièces et l'exécution des véhicules de la carrosserie et du charronnage, ainsi que les résultats rapidement obtenus par les fabricants de cycles et d'automobiles qui, mettant à profit les procédés industriels de leurs précurseurs, ont su, en quelques années, porter leurs industries nouvelles à un degré de perfectionnement inouï.

Enfin, puisqu'il s'agit de rendre compte d'une exposition industrielle, le rapport serait incomplet s'il ne donnait pas une statistique des moyens de production et de la valeur des importations et exportations.

Nous avons donc accepté la tâche qui nous était proposée, uniquement parce que nos collègues les plus compétents, MM. Cottenet, Bovet-Japy et comte de Chasseloup-Laubat, ont bien voulu nous promettre leur concours matériel en ce qui concerne les rapports spéciaux de la carrosserie et du charronnage, ainsi que des cycles, ou leurs conseils bienveillants en ce qui concerne la rédaction et la revision du rapport sur les automobiles et leurs accessoires.

II

CARROSSERIE. — CHARRONNAGE.

La carrosserie, dans les premières années du XIXe siècle, vivait encore sur les errements du siècle précédent, s'inspirant des modèles des époques Louis XV et Louis XVI, aujourd'hui conservés dans nos musées, et dont quelques types figuraient à l'Exposition centennale de 1900.

La caractéristique des voitures de cette période consiste dans la réunion des essieux par une flèche rigide, en bois armé de fer, que rendait nécessaire la suspension alors en usage. Sur les traverses disposées perpendiculairement à cette flèche, des ressorts s'élevaient, supportant des courroies en cuir, dites *soupentes,* à l'extrémité desquelles venaient s'accrocher les mains en fer qui formaient les supports de la caisse.

Les voitures ainsi suspendues à une grande hauteur du sol, exigeant, pour en faciliter l'accès, des marchepieds à déploiement, étaient des calèches, des berlines, des coupés, dont la vulgarisation fit disparaître, sauf pour les voitures de grande cérémonie, les ornementations coûteuses, les peintures décoratives qu'on admire dans les spécimens du siècle précédent. Les voitures prennent un aspect plus sévère, et seules les armoiries de leurs propriétaires rehaussent la sobriété des peintures.

Dans un traité sur la construction des voitures publié en 1805 par Felton, carrossier à Londres, on commence à trouver les rudiments de nos modèles actuels, phaétons, ducs, tilburys, etc., dans lesquels la flèche a disparu, où la suspension est obtenue à l'aide de ressorts simples, fixés sur les essieux, et dont les extrémités sont directement reliées à la caisse.

Le ressort elliptique, dit *à pincettes,* qui apporta une véritable révolution dans le montage des voitures, paraît avoir été appliqué en France vers 1820, à peu près à la même époque que l'essieu patent qui remplaça dans les voitures de luxe l'essieu à graisse dont l'usage datait de temps immémorial et est encore appliqué aux véhicules lourds de charronnage.

Néanmoins, le montage à flèche avec ressorts en C et soupentes en cuir reste le montage des voitures de cérémonie et, jusqu'à la création des chemins de fer, celui des voitures de voyage, sans doute parce que ce genre de construction était d'une solidité et d'un confortable de suspension bien nécessaires pour les longs trajets sur les routes pavées et cahotantes d'alors.

Le perfectionnement qu'on y apporta fut la suspension du train sur des ressorts d'essieu, d'où la désignation de « huit ressorts » que les voitures ainsi montées conservent encore de nos jours. Cette double suspension rendit les voitures plus souples et permit une allure plus rapide. Elle permit aussi d'alléger le train qui, peu à peu, devint moins

massif. Dans la seconde partie de ce siècle on arrive même à faire les flèches en fer afin d'obtenir un aspect plus léger.

Le montage à pincettes, qui se développe au détriment du montage à flèche depuis 1820, fut l'un des plus grands progrès réalisés au cours de ce siècle dans la construction des voitures parce qu'il débarrassa les trains d'un poids mort important et rendit les voitures plus légères et beaucoup plus maniables en permettant la rotation complète de l'avant-train.

On peut véritablement dater de cette époque la création de la voiture moderne.

Les transports en commun suivirent les progrès apportés aux voitures de luxe. Aux paniers à salade de 1791, sorte de caisse en osier, recouverte d'une bâche en cuir gras, avec deux ou trois banquettes suspendues sur des courroies, succédèrent en 1819 les malles-poste, coupés jaunes qui contenaient trois voyageurs dans l'intérieur et un quatrième dans le compartiment du courrier sur le devant. C'est aussi de cette époque que datent les grandes diligences à trois compartiments.

C'est seulement vers 1830 que les voitures de place, qui n'avaient été jusqu'alors que de vieux carrosses démodés, furent construites sur des modèles se rapprochant de ceux des voitures de luxe.

Les omnibus abandonnés après la tentative malheureuse des carrosses à cinq sols de Louis XIV, ne furent définitivement repris qu'en 1828.

Le second Empire vit, au XIXe siècle, l'apogée du luxe des équipages. C'était, à cette époque, les modes anglaises qui prédominaient dans les formes, mais les carrossiers français s'affranchirent rapidement de cette tutelle, et l'Exposition de 1867 les montra en progrès remarquables.

Depuis 1870, l'usage des voitures de grand luxe a peu à peu sinon complètement disparu, du moins beaucoup diminué. En revanche, les carrossiers, particulièrement en France, ont introduit dans leurs modèles une très grande variété, chaque constructeur s'efforçant, soit par des modifications dans le dessin des caisses, soit par des dispositions de trains originales, de marquer les produits de sa fabrication du cachet de son goût personnel.

Les progrès réalisés dans les dernières années du XIXe siècle se remarquent d'abord dans le fini apporté à tous les détails de construction, de garniture et d'accessoires. Les intérieurs sont enrichis de nécessaires; des lampes électriques alimentées par un minuscule accumulateur placé dans le coffre du siège y donnent la lumière.

Les montages sont simplifiés; on en écarte les pièces qui ne sont pas strictement indispensables à la solidité et celles-ci sont calculées de façon à éviter tout poids inutile.

Un autre progrès apporté aux voitures est l'application sur les roues de bandages élastiques en caoutchouc, soit sous forme de bandes pleines ou creuses, maintenues par compression dans une rainure en acier ou fixées à l'aide de tringles, ou vulcanisées et retenues par des crampons, soit sous forme de pneumatiques.

L'emploi des bandes en caoutchouc plein est venu de Russie et d'Allemagne. Il assourdit le bruit des roues sur les routes pavées et le fait entièrement disparaître sur les

sols unis. Toutefois, s'il amortit les chocs, il a l'inconvénient, sur les terrains présentant des aspérités, d'augmenter, dans une proportion considérable, les vibrations des roues, ce qui provoque des bruits désagréables lorsque les boîtes et fusées d'essieux ne sont pas parfaitement ajustées. Il exige aussi, pour que le voyageur n'en soit pas incommodé, des ressorts de suspension assez doux pour absorber ces vibrations.

L'emploi des pneumatiques est de beaucoup préférable. Lorsque la pression de l'air y est bien proportionnée au poids du véhicule, les vibrations sont complètement absorbées et, en se moulant sur les aspérités de la voie, il contribue à diminuer l'effort de traction.

En même temps que l'application du caoutchouc sur les roues on a essayé, dans les voitures à traction animale, l'application des roulements à billes qui ont fait faire un si grand progrès à la vélocipédie. Il est incontestable que les roulements à billes diminuent l'effort nécessité par le démarrage, mais, en raison de la faible résistance opposée à la traction par le roulement de la boîte d'essieu sur sa fusée, la diminution de traction qui résulte dans la pratique de l'emploi des billes ne justifie pas l'augmentation de prix qui en résulte. Dans les voitures un peu lourdes, telles que les coupés, si le réglage n'est pas parfait, il se produit souvent des ruptures de billes. Bref l'emploi des roulements à billes est relativement restreint dans la carrosserie et ne paraît pas devoir se généraliser.

Mais ce n'est pas sur ces perfectionnements de détails qu'il faut juger le progrès qui s'est accompli depuis une cinquantaine d'années dans l'industrie de la voiture. Ce qui est très remarquable, c'est l'extension qu'elle a prise au cours de cette période.

La fabrication des voitures de luxe n'est plus, en effet, l'apanage de quelques constructeurs de grande marque. Ceux-ci continuent, il est vrai, à tenir la tête de la carrosserie par les soins qu'ils apportent dans leur construction, par le choix de leurs matériaux, par l'utilisation d'une main-d'œuvre de premier ordre. Mais, à côté de ces grandes maisons dont on retrouve les noms dans la liste des hors concours et des médailles d'or de cette exposition, une quantité de maisons secondaires se sont élevées qui, s'inspirant des modèles créés par les premières, arrivent à donner satisfaction à une nombreuse clientèle que la modération des prix fait passer par-dessus les imperfections de détail et la moindre qualité des matériaux employés.

Cette vulgarisation de la carrosserie n'a pu se faire que grâce aux industries annexes qui se sont créées pour faciliter la construction des voitures à une quantité de petits établissements absolument incapables de se suffire à eux-mêmes.

Ce furent d'abord les maisons de quincaillerie spéciale qui offrent à cette clientèle des essieux, des ressorts de toutes qualités, des ferrures de toutes formes et de tous genres, prêtes à mettre en place, et qui, par leurs agents, leurs placiers, leurs bureaux de dessin, facilitent aux fabricants la solution des problèmes souvent délicats qui peuvent se présenter dans la construction des voitures, beaucoup plus complexe qu'on ne le pense généralement. Des dessinateurs ou des publications techniques leur fournissent des plans détaillés. Enfin, des fabricants spéciaux de caisses, de roues, de trains tout

préparés, des garnisseurs à façon, des peintres en équipages, viennent en aide aux petits établissements qui ne peuvent s'offrir le luxe de vastes ateliers.

La création d'écoles professionnelles où les ouvriers en voitures vont apprendre, dans des cours parfaitement organisés, la plupart gratuits, les méthodes rationnelles de construction, le débit et l'emploi des bois, le dessin des caisses et des trains avec les éléments appropriés de la géométrie descriptive, a contribué puissamment à la vulgarisation de connaissances spéciales qui ne s'apprenaient autrefois que dans la pratique des grands ateliers, d'où elles ne sortaient guère.

On comprend qu'avec cette diffusion de l'instruction technique du personnel et le stimulant de la concurrence, la carrosserie ait pu, en ces trente dernières années, prendre une extension considérable. La France, sous ce rapport, ne le cède en rien aux pays étrangers dont la plupart, pour la carrosserie de luxe, sont tributaires de la fabrication française à laquelle ils achètent soit des voitures finies, soit des voitures en blanc, soit les principaux objets et matières fabriqués entrant dans la contruction.

De 1827 à 1836 la moyenne d'exportation annuelle était de 178,000 francs; de 1837 à 1846, de 520,000 francs; de 1847 à 1856, de 1,110,000 francs; de 1867 à 1873, de 4,500,000 francs pour l'ensemble de la carrosserie.

En ce qui concerne la carrosserie de luxe, voitures complètes expédiées à l'étranger, voici le tableau des exportations françaises dans les dernières années de ce siècle :

	francs.		francs.
1884	4,086,490	1892	3,825,122
1885	2,713,332	1893	2,314,844
1886	2,716,841	1894	1,980,244
1887	3,378,252	1895	2,145,171
1888	4,040,312	1896	2,958,693
1889	6,944,754	1897	2,867,529
1890	5,157,321	1898	2,157,295
1891	5,084,384	1899	4,274,039

Les principaux pays d'exportation sont, en Europe, l'Espagne, l'Italie, la Russie, la Turquie; en Amérique, la République Argentine, le Brésil, le Mexique, le Chili.

Les difficultés politiques et économiques qu'ont subies à plusieurs reprises ces diverses contrées, l'élévation du change, les frais de transport et les tarifs douaniers créent trop souvent à cette exportation des barrières devant lesquelles hésitent les acheteurs. Mais c'est principalement en France que les carrossiers de ces pays viennent puiser leurs inspirations et chercher les pièces détachées qu'ils ne peuvent se procurer chez eux.

A l'intérieur, la consommation des voitures a été sans cesse en augmentant depuis les premières années de ce siècle. Ce n'est que depuis 1870 que la création d'un impôt spécial permet d'en déterminer l'importance. En 1878 la taxe était perçue sur 998,541 véhicules. Le tableau suivant indique la marche croissante de cette consommation; il ne

comprend ni les voitures de services publics évaluées à plus de 50,000, ni les voitures spéciales à l'agriculture :

	voitures.		voitures.
1887	1,253,246	1894	1,447,479
1888	1,287,733	1895	1,466,635
1889	1,305,335	1896	1,493,051
1890	1,362,505	1897	1,518,349
1891	1,388,694	1898	1,542,399
1892	1,407,246	1899	1,562,141
1893	1,431,316	1900	1,572,657

Les voitures les plus en usage aujourd'hui dans la carrosserie de luxe, et dont beaucoup figuraient dans la Classe 30, sont les suivantes :

Voitures à deux roues. — Les charrettes dog-carts à deux et quatre places, tilburys et cabriolets de toutes formes, tonneaux et hansome-cabs montés sur deux ressorts d'essieux avec brancards d'attelage reliés à la caisse soit par des attaches fixes, soit par l'intermédiaire de lames de ressorts qui en augmentent la flexibilité.

Le tilbury avec montage en châssis, dans lequel les brancards sont reliés à l'essieu et non suspendus, tandis que la caisse est supportée par quatre ressorts, deux à l'essieu et deux autres en travers, reliant les extrémités des premiers.

Le cabriolet à double suspension, peu usité aujourd'hui, dans lequel les brancards sont suspendus sur deux ressorts d'essieu, et la caisse portée par quatre ressorts, deux en C à l'arrière, fixés sur les brancards et reliés à la caisse par une soupente en cuir, deux plats à l'avant fixés à la caisse et reliés par une soupente à la traverse de devant. Le cabriolet fit fureur de 1840 jusque dans les premières années du second Empire. Il portait alors, sur les traverses reliant à l'arrière les brancards, un étroit plancher sur lequel un groom se tenait debout, accroché aux courroies de laquais fixées à la capote. Une voiture de ce genre, reproduisant le type en usage sous le second Empire, figurait dans l'exposition de la maison Guiet et Cie.

Le tilbury-télégraphe, également à double suspension, qui doit son nom à sa suspension d'arrière obtenue par un ressort en travers surélevé au-dessus des brancards et relié à la caisse par deux jumelles en cuir. La maison Lemaître, d'Alençon, exposait un tilbury de ce genre aujourd'hui peu employé.

Le carrick à pompe, à double suspension, avec ressorts en C à l'arrière, dont le train est disposé pour l'attelage de deux chevaux. Ce type figurait dans le stand de la maison Bail aîné.

Voitures à quatre roues à simple suspension. — On peut citer dans cette classe, les charrettes, les dog-carts, les phaétons, les spiders dont la maison Mühlbacher exposait un spécimen élégant, les breaks de toutes formes avec banquettes en travers ou en long, disposés pour la chasse ou la promenade, et dont la section française pré-

sentait plusieurs types bien étudiés des maisons Henry Binder, Rheims et Auscher, Labourdette.

Les victorias à deux sièges, pouvant se transformer en ducs.

Les mylords, voitures de promenade par excellence, dont nous citerons les modèles exposés par les maisons Henry Binder, Kellner, Labourdette, Mühlbacher, etc.

Les vis-à-vis.

Les coupés à deux et à quatre places. A citer, parmi ceux à deux places, les coupés de MM. Mülhbacher, Grümmer et Cie, Labourdette, Henry Binder.

Les cabs à quatre roues, dérivés du hansome anglais; la maison Kellner exposait un modèle de ce type très bien étudié.

Les berlines.

Les landaus à deux capotes ou avec devant à glaces. Nous citerons ceux de MM. Bail jeune frères, Mühlbacher, Rheims et Auscher, tous à deux capotes.

Toutes ces voitures sont montées soit à quatre pincettes, deux à l'avant, deux à l'arrière, soit à deux pincettes devant et cinq ressorts derrière, le cinquième ressort réunissant les extrémités antérieures des ressorts d'essieu dont la partie postérieure forme demi-pincette. Au lieu de la forme demi-pincette les ressorts de derrière affectent souvent celle de ressorts à crosse.

Les avant-trains sont disposés de façon à pivoter sous un angle de 90 degrés et les caisses sont échancrées de façon à permettre cette rotation.

Voitures à double suspension. — Tous les types de voitures à simple suspension se retrouvent dans les voitures à double suspension, dont le montage est celui employé au commencement de ce siècle.

Les calèches, vis-à-vis, mylords, dorsays, coupés sont suspendus sur quatre ressorts en C à soupentes en cuir portés sur un train à flèche suspendu lui-même sur quatre ressorts d'essieu.

Les phaétons à douze ressorts remplacent les ressorts en C par deux systèmes de quatre ressorts en châssis.

Les voitures à double suspension sont aujourd'hui des voitures de grand luxe; elles exigent une tenue de livrée et des attelages irréprochables. Leur usage est donc réservé aux grandes fortunes.

Parmi celles exposées nous citerons comme les plus remarquables :

Les ducs de Grümmer et de Labourdette ;

La calèche de Daumont de Grümmer ;

La calèche de la maison Binder;

Le vis-à-vis de Henry Binder ;

La victoria de la maison Kellner et fils;

Le dorsay de la maison Guiet et Cie.

Phaéton-mail, mail-coach. — Il convient d'ajouter à cette nomenclature des voitures

de 1900 deux types dont le montage spécial mérite une mention particulière : le phaéton-mail et le mail-coach, dans lesquels la suspension, obtenue par huit ressorts disposés quatre en châssis à l'avant, quatre également en châssis à l'arrière, repose sur un train non suspendu. Ce train offre ceci de remarquable qu'il affecte l'aspect des chariots antiques à essieux en bois, c'est-à-dire que les essieux en fer sont encastrés dans une enveloppe en bois dans laquelle est assemblée, à l'arrière, la flèche en bois, armée de fer. Ce genre de montage n'a d'autre avantage que de donner au train un aspect de solidité en proportion avec l'importance des caisses massives qu'il supporte, et la mode en a consacré l'usage. Le train non suspendu permet, en outre, de monter la caisse près de terre, ce qui, dans le mail-coach principalement, où la charge est très élevée au-dessus des roues, donne une stabilité beaucoup plus grande. Dans ce genre de voiture la rotation possible ne dépasse guère 45 degrés; elle est souvent moindre.

Nous citerons dans cette catégorie les phaétons à flèche de MM. Grümmer, Mühlbacher, Bail jeune, et les mails de MM. Kellner, Rheims, Auscher et Henry Binder.

La carrosserie étrangère était représentée à l'Exposition de 1900 par quarante-cinq maisons. A côté des types de voitures reproduisant les modèles français, parmi lesquels on peut citer le spider à huit ressorts de la maison Kuehlstein, de Berlin, le break de MM. Dick et Kirschten, d'Offenbach, l'omnibus-mail de M. van den Plas, de Belgique, les hansome-cabs de MM. Forder et Cie, dont cette maison s'est fait, en Angleterre, la spécialité, on remarquait dans les nations étrangères un certain nombre de types construits spécialement pour répondre aux besoins de clientèles locales, tels que les charrettes de chasse de Kölber et de Misura, de Budapest, la petite calèche de Armbruster, de Vienne, les drowskis russes des maisons Arbatsky, de Moscou, et Chober, de Saint-Pétersbourg, les petits phaétons américains de la Columbia Buggy C^o^ (États-Unis) et Ledoux, de Montréal (Canada); enfin, les carrioles norvégiennes de Norseng, de Hamar.

Tous ces types spéciaux étaient parfaitement étudiés pour répondre aux besoins pour lesquels ils sont conçus, et, pour la plupart, le genre de construction nécessité par l'usage auquel ils étaient destinés n'en excluait pas l'élégance.

L'esprit inventif des carrossiers a trouvé, en ces dernières années, un nouvel aliment dans la construction des caisses destinées aux voitures automobiles. Les difficultés d'adaptation de la carrosserie sur l'ensemble des organes mécaniques et les nombreux accessoires que comportent les véhicules nouveaux ont exigé, de la part des constructeurs, une somme d'efforts considérable, et si l'on se reporte aux premières voitures automobiles sorties de leurs ateliers, on est amené à reconnaître que d'importants progrès ont été réalisés, tant dans l'élégance des formes que dans l'heureuse disposition des moyens adoptés pour faciliter l'accès des organes mécaniques. Ce résultat est dû à la collaboration des mécaniciens et des carrossiers qui se fera de plus en plus complète au fur et à mesure du développement de l'automobilisme. La section française présentait, sous ce rapport, un grand nombre de voitures automobiles dont la carrosserie, très soignée,

était parfaitement appropriée aux nécessités du mécanisme et ne le cédait en rien, comme confortable, aux meilleures voitures similaires à traction animale.

Au point de vue des moyens de production, les méthodes de travail, dans la carrosserie de luxe, sont, en général, ce qu'elles étaient au commencement de ce siècle. A part quelques maisons importantes qui possèdent, en petit nombre, quelques machines-outils mues par moteur mécanique, le travail se fait à la main.

Cela se conçoit si l'on se rend compte que la carrosserie de luxe est essentiellement une industrie d'art dans laquelle la nécessité de satisfaire les caprices d'une clientèle exigeante ne permet pas l'application du travail en série, le seul dans lequel l'emploi des machines soit réellement utilisable et économique. De plus, les caisses présentent des séries de surfaces gauches que les plans les mieux étudiés sont incapables de représenter exactement, et dont, seule, une main habile peut masquer, par des ragréages intelligents, les raccords que le rabotage à la machine laisserait raides et anguleux.

Pour les pièces des trains, la variété des courbes et des dimensions rend impraticable l'emploi des matrices, toutes les pièces devant être calculées et dessinées pour concourir à l'harmonie d'un ensemble qui constitue, dans le plus grand nombre de cas, une création spéciale.

Le seul outillage mécanique dont peut s'aider le carrossier est la scie pour le débit des bois, les raboteuses pour le dressage des parties planes, les meules pour dégrossir et décrasser les ferrures que l'on finit ensuite à la lime, les tours pour la préparation des moyeux, et quelques outils spéciaux pour la fabrication des roues. Et même, pour les travaux soignés, cet outillage donne souvent des résultats imparfaits s'il n'est pas confié à des ouvriers très expérimentés. Ainsi, pour le débit des bois en grume, la scie mécanique ne tient pas compte des défauts de parallélisme des fibres; les mortaiseuses et les machines à faire les tenons ne sont pas toujours réglées de façon à assurer un forçage suffisant, et souvent l'expérience donne raison à ces reproches.

Enfin, et c'est aussi la raison pour laquelle l'emploi des machines est très limité dans cette industrie, l'outillage mécanique n'est économique que lorsqu'il est utilisé pour une production importante, ce qui n'est pas le cas général dans la carrosserie de luxe où la production, même dans les maisons faisant un chiffre d'affaires important, est limitée à un nombre de voitures relativement peu considérable.

Tout autres sont les conditions de travail dans un certain nombre de fabriques qui fournissent spécialement les services publics, fiacres ou voitures de transport en commun. La fabrication y est limitée à un petit nombre de types bien déterminés, qui peuvent être construits en série et se prêtent à l'emploi de pièces interchangeables. Les avant-trains, les essieux, les ressorts, les roues, les supports sont étudiés de façon à s'appliquer aussi bien aux coupés qu'aux mylords par exemple, et l'on comprend que l'outillage mécanique, convenablement approprié, peut rendre, dans ce cas, les plus grands services.

Les ateliers de la Compagnie générale des voitures à Paris, ceux de la Compagnie générale des omnibus et de la Société *la Carrosserie industrielle* rentrent dans cette catégorie.

Il en est de même dans quelques fabriques qui se sont fait la spécialité de fournir les

IMPRIMERIE NATIONALE.

petites maisons de France et de l'étranger qui, ne fabriquant pas elles-mêmes, se bornent à faire les montages. Elles opèrent sur un certain nombre de types bien étudiés qu'elles renouvellent de temps à autre suivant les mouvements de la mode. Sur ces types, catalogués et numérotés, leurs clients donnent les commandes, et l'importance de cette clientèle leur permet la fabrication en série et l'emploi économique de l'outillage mécanique. Sans doute, les voitures sortant de ces ateliers ne peuvent lutter, comme élégance et fini, avec celles de la carrosserie de luxe, mais elles sont d'un prix beaucoup moins élevé et suffisent à satisfaire la clientèle très nombreuse des petites bourses, moins difficile que la clientèle des voitures de luxe. La plupart de ces voitures sont fournies en blanc aux carrossiers revendeurs qui en font la peinture et la garniture au goût des acheteurs, et y apposent leur marque.

Il existe, en France, plusieurs de ces fabriques; deux exposaient dans la Classe 30, celle de MM. Rétif frères, à Sancoins (Cher), celle de M. Raguin, à Montrichard (Loir-et-Cher). La maison Rétif frères, de beaucoup la plus importante, produit annuellement de 1,400 à 1,500 voitures avec 270 ouvriers.

A côté de la carrosserie proprement dite, une autre industrie s'est créée pour la fabrication des voitures d'enfants et de malades.

Ces voitures sont, en général, à traction humaine.

Celles destinées au transport des personnes malades ou âgées affectent ordinairement la forme d'un fauteuil porté sur trois roues, et la direction est tantôt confiée à l'occupant à l'aide d'une tige manœuvrant la roue d'avant, tantôt provoquée par l'effort du conducteur sur la roue pivotante placée à l'avant ou à l'arrière. Ce dernier type, bien connu, est celui des fauteuils roulants en usage dans toutes les expositions. On apporte à ce genre de véhicules, lorsqu'ils sont destinés à des malades, toutes les modifications de nature à en faciliter l'usage aux patients pour lesquels ils sont construits.

Quant aux voitures d'enfants, elles consistent soit en une chaise montée sur roulettes, soit en une sorte de berceau ou petite calèche à un ou deux sièges, monté sur quatre roues, sans avant-train, et les plus simples sont reliées directement aux essieux par des supports d'une flexibilité à peu près nulle. On tend de plus en plus, pour éviter aux enfants des trépidations que la médecine a jugées dangereuses, à suspendre ces petits véhicules sur des ressorts à lame ou à boudins qui en rendent l'usage plus confortable. Dans le même but, les roues sont munies de bandages élastiques en caoutchouc.

Les voitures d'enfants et de malades ne sont pas le seul mode de transport à traction humaine. Elle est employée couramment dans certains pays où les routes, réduites à des sentiers ou à de simples traces, obligent à l'usage des palanquins, filanzanes, etc., dérivés des chaises à porteurs d'autrefois. L'exposition des colonies et celle de Madagascar renfermaient plusieurs types de filanzanes, sorte de chaise en canne ou en toile, soutenue par deux longs brancards sur les épaules des porteurs.

Le palanquin employé dans l'Inde, dans l'Indo-Chine et la Chine transporte le voyageur dans une sorte de litière à baldaquin pouvant se clore à l'aide de rideaux.

La chaise à porteurs du XVIIIe siècle était plus confortable, mais plus lourde. Elle a

été remplacée au XIXe siècle par la vinaigrette, qui avait la forme de la chaise à porteurs, mais était montée sur deux roues et suspendue sur des ressorts à lames. La traction s'opérait à l'aide de brancards dans lesquels s'attelait un homme muni d'une bricole appropriée. Les vinaigrettes étaient encore en usage à une époque récente dans quelques villes de province, à Lille, par exemple, où elles étaient la propriété d'entrepreneurs qui les louaient pour conduire les dames en soirée.

La fabrication des voitures d'enfants est assez importante à Paris, et plusieurs de ses représentants exposaient dans la Classe 30. Citons parmi eux la maison Vincent fils, qui joint à cette fabrication celle des voitures pour poneys, ânes et chèvres, qui n'offrent aucune particularité, sinon d'être des modèles réduits de toutes les formes de la carrosserie courante.

Le transport des personnes, qui, depuis cent ans, s'est développé dans une proportion énorme, a été précédé, dès longtemps, par le transport des matériaux et marchandises, dont le matériel est construit par l'industrie extrêmement importante du charronnage. C'est le charronnage qui a présidé, en quelque sorte, à l'apparition de la locomotion.

Sans remonter jusqu'aux rouleaux et à la claie ou traîneau, qui furent les premiers moyens employés pour le déplacement des lourdes charges, on peut dire que l'usage des chariots est immémorial. Ceux de nos jours, au moins ceux qui sont destinés aux lourdes charges, à traction lente, ne diffèrent guère de ceux de l'antiquité. Mais, dans cette industrie, comme dans celle de la carrosserie proprement dite, la multiplicité des besoins a donné naissance à une certaine variété de véhicules.

On peut les diviser en trois catégories : ceux à traction humaine, ceux à traction animale à marche lente, ceux à traction animale à marche plus ou moins rapide.

Parmi les véhicules de charronnage à traction humaine, il convient de citer en première ligne la brouette à une seule roue montée sur essieu tournant. Sa forme varie suivant son usage : il y a la brouette de maçon, celle du jardinier, celle du mineur, celle du terrassier. On la fait aussi à deux roues et elle prend alors le nom de binard ou diable. Ce sont des outils rudimentaires de transport auxquels aucun perfectionnement ne paraît avoir été apporté depuis leur origine. Aucun exemplaire n'en figurait dans la Classe 30.

Les voitures à bras, au contraire, ont subi des perfectionnements qui les rendent plus pratiques. Elles sont suspendues, ce qui ménage, à la fois, la marchandise transportée et le transporteur. Puis, pour l'usage des villes où les remises sont rares, on a imaginé de les rendre pliantes par une ingénieuse disposition de leur fond et de leur essieu, ce qui permet de les ranger dans un espace restreint, même sans démonter les roues. La maison Eymin frères, de Vienne (Isère), en montrait, dans la Classe 30, des types bien construits.

D'autres véhicules à bras sont spéciaux à certains métiers, tel le haquet des tonneliers; il est impossible de les citer tous.

Les véhicules à traction animale et à marche lente sont, d'abord, parmi les plus employés, les tombereaux à deux roues, réservés aux lourdes charges de l'agriculture, aux transports de sable, pavés, charbons, etc. Les roues sont folles sur un essieu fixe en

fer, avec fusées à graisse. Aucune suspension. La caisse est reliée directement à l'essieu par un tasseau. Aucun tombereau ne figurait dans la Classe 30, mais on en rencontrait dans la section des Travaux publics et dans celle de l'Agriculture.

Dans la plupart des tombereaux, les brancards sont reliés à la caisse par un système d'articulation qui permet à cette dernière de basculer en arrière pour décharger les matériaux qu'elle contient. Ceux qui entrent dans le matériel des Travaux publics sont munis de systèmes perfectionnés de bascule, de freins, de ridelles mobiles qui en rendent l'usage plus commode.

Les binards à traction animale sont spécialement affectés au transport des pierres de taille. Ils sont munis de treuils puissants qui facilitent le chargement et le déchargement.

Citons, pour mémoire, dans cette catégorie, les voitures spéciales affectées au transport des arbres.

Parmi les voitures à quatre roues à marche lente, la plus commune est le chariot employé aux transports agricoles. Le modèle en varie suivant les contrées; mais la construction en est partout la même. Il se compose d'un plancher surmonté de ridelles fixes ou mobiles, pleines ou à jour, le devant reposant sur un avant-train à pivot, l'arrière, sur un essieu fixe, sans intermédiaire de suspension. Parfois, les deux trains sont reliés par une flèche en bois. Les essieux sont à graisse et la rotation de l'avant-train s'opère à l'aide de deux cercles en fer, le cercle supérieur maintenu dans le cercle inférieur dont la section est celle d'un fer en U.

A côté de ces chariots communs, le charronnage, s'inspirant des progrès de la carrosserie, construit maintenant des chariots beaucoup plus légers, mieux étudiés, dans lesquels les pièces, exactement calculées pour les efforts auxquels elles doivent résister, ont permis d'alléger le poids mort dans des proportions considérables. L'intervention de la suspension facilite cet allégement et rend la traction moins dure. Les essieux patent remplacent l'essieu à graisse. La suspension de l'avant-train sur trois ressorts, deux en long sur l'essieu, le troisième en arrière, reliant les deux premiers, maintient la stabilité malgré le déplacement d'équilibre au cours de la rotation. Enfin, le travail, mieux fini, donne à ces véhicules un aspect soigné, bien différent de l'aspect lourd et grossier de leurs devanciers. Sous ce rapport, les expositions de MM. Broteau, Larochette et Rivière fils étaient tout à fait remarquables.

Mais les véhicules de gros transport, à marche lente, ne suffisent plus à donner satisfaction aux besoins du commerce, et le charronnage a dû créer une catégorie spéciale de véhicules plus légers, à marche plus rapide, qui sont les voitures de livraison employées dans le commerce de gros et de détail. Ces voitures affectent la forme de fourgons ou d'omnibus à panneaux pleins que leur dossier et leur élégante décoration rapprochent des produits de la carrosserie de luxe. Suivant leur destination, poids lourds ou poids moyens, leur montage est tantôt celui des voitures du gros charronnage, avec avant-train de camion, tantôt celui de la carrosserie avec avant-train à pincettes. La suspension arrière est le plus souvent à trois ressorts.

Nous citerons, parmi les voitures de ce genre exposées dans la Classe 30, les voitures de livraison de M. Breteau et les fourgons de M. Morel.

Cette catégorie renferme un grand nombre de modèles spécialement construits pour le transport exclusif de certaines marchandises, et ingénieusement aménagés. Telle était la voiture de distillateur exposée par la maison Le Chevallier qui s'est fait, dans ce genre, une véritable spécialité.

Si les ateliers de charronnage sont nombreux en France, puisque l'on en trouve dans les plus petites communes de France, où ils cumulent souvent cette industrie avec celle de la maréchalerie, ceux des constructeurs de voitures de commerce sont également en grand nombre et construisent aussi, pour leur clientèle de commerçants et d'industriels, des voitures de carrosserie de luxe que quelques-uns arrivent à traiter de façon très convenable.

Il est regrettable que l'absence, dans les sections étrangères, de tout produit du charronnage ne nous permette pas d'établir une comparaison entre les voitures de ce genre dans les différents pays. Nous pensons, néanmoins, que les produits du charronnage français doivent être assez estimés au dehors. En effet, malgré l'élévation que les prix de transport et de fret, nécessairement considérables, en raison du poids et du volume de ces véhicules, font subir aux prix de vente, l'exportation de cette catégorie a souvent dépassé 500,000 francs par an et se maintient couramment entre 300,000 et 400,000 francs.

Les renseignements statistiques nous manquent pour nous rendre possible une évaluation, même approximative, de l'importance de l'industrie de la carrosserie dans les différents pays.

En France où, en raison de la facilité des communications, de la densité de la population et de la division de la propriété, elle est particulièrement développée, on estime à plus de 20,000 le nombre des établissements qui s'occupent de la construction des véhicules de tous genres, dont 3,500 spécialisés dans la voiture de luxe.

Paris compte, à lui seul, 130 constructeurs de voitures de luxe, 250 fabricants de voitures de commerce et de charronnage, 40 fabricants de voitures de malades et d'enfants.

On peut estimer à 200,000 le nombre des ouvriers qui vivent, en France, de l'industrie de la voiture, tant employés dans les ateliers de construction que dans ceux qui s'occupent de la fabrication des pièces détachées entrant dans la construction des voitures.

Le capital représenté par le matériel roulant peut être évalué à 1,200 millions, et l'entretien et le renouvellement donnent lieu, chaque année, à un chiffre d'affaires de plus de 100 millions.

III

CYCLES ET MOTOCYCLES.

A. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Il n'est peut-être pas une industrie qui ait plus hautement affirmé le génie national que l'industrie des cycles; il n'en est certes pas une qui ait fourni des preuves aussi convaincantes qu'aux Français seuls revenait le rôle d'inventer, de créer et de perfectionner.

Les preuves abondent, l'histoire de la vélocipédie en ses grandes lignes est presque un chant de triomphe en l'honneur du génie français.

Un Français, M. de Sivrac, invente en 1790 le célérifère, une poutre de bois sur deux roues qui sert, quelques années plus tard, à l'amusement des Muscadins et des Incroyables à l'époque du Directoire.

De 1790 à 1855, il s'écoule de bon compte soixante-cinq ans. En cette période, l'étranger ne peut faire autre chose que substituer le fer au bois dans cette machine primitive.

Il est réservé à un autre Français, presque un apprenti de 14 ans, Ernest Michaux, d'ouvrir l'ère nouvelle définitive de la vélocipédie en appliquant la pédale à la naïve machine de M. de Sivrac.

La guerre de 1870 arrête net l'élan de la nouvelle industrie née de la découverte d'Ernest Michaux, mais l'industrie étrangère, principalement l'industrie anglaise, n'est pas arrêtée, elle, au contraire et pourtant ne trouve rien, n'invente rien, ne perfectionne rien, et c'est encore un Français, Truffault, qui, de 1875 à 1880, allège le vélocipède par l'emploi des tubes fourreaux et jantes creuses en acier, facilitant ainsi aux Anglais la construction de cet appareil.

Un Français encore, M. Suriray, a l'idée d'appliquer les roulements à billes aux vélocipèdes. Nouvel essor que l'étranger met à profit.

Le principe de la première bicyclette naît dans un cerveau français: M. Montagne rend motrice la roue d'arrière du vélocipède, au lieu de la roue d'avant.

Enfin la diffusion même de ce mode de locomotion n'est pas partie de l'étranger, pourtant bien en avance sur nous, en 1890, au point de vue construction et emploi du vélocipède; elle a été l'œuvre d'un Français aussi, M. Pierre Giffard (*alias* Jean-sans-Terre, du *Petit Journal*), qui par la plume d'abord, par l'exemple ensuite, et surtout par la mémorable épreuve de vulgarisation, la course de Paris-Brest et retour, a fait connaître la bicyclette à des millions de personnes et donné un élan prodigieux à cette industrie du vélocipède, désormais modernisée sous le nom de cyclisme.

Ainsi à de multiples reprises, l'industrie et le génie étrangers ont eu la voie largement ouverte et pour eux seuls, mais jamais le progrès n'est apparu dans cette lice où ils pouvaient tout oser.

Par contre, lorsque, libre enfin de se mesurer avec l'industrie étrangère, l'industrie française a ramassé le gant, elle a toujours triomphé malgré les défauts et désavantages de son armure défensive.

Il faut le dire, il faut qu'on le sache, les constructeurs de cycles étrangers importent en France avec la seule charge d'un tarif peu ruineux, mais l'industriel français trouve presque partout, en réciprocité, de formidables barrières douanières sous forme de tarifs d'entrée prohibitifs, presque égaux à la valeur réelle du produit, et c'est uniquement en raison de la haute perfection, de la qualité sans égale et de la quantité des perfectionnements de nos produits nationaux que malgré tout, leur renom franchit la frontière.

Voilà ce qu'il aurait fallu pouvoir dire, démontrer, prouver au visiteur de l'Exposition. Il y eût gagné quelque satisfaction, en tant que Français, il y aurait puisé quelque admiration pour notre génie national, en tant qu'étranger.

Si ces choses n'ont pas été démontrées lors de la magnifique Exposition de 1900, il n'en est qu'une raison : c'est que l'industrie du cycle est née d'hier.

C'est tout justement entre deux Expositions, celles de 1889 et de 1900, qu'elle a grandi, qu'elle s'est développée. Il a fallu des années, des décades, des siècles accumulés aux autres industries ; moins de dix ans ont suffi à l'industrie de la bicyclette pour passer au premier rang et apporter une gloire légitime à notre pays.

Du célérifère à la bicyclette. — Cette poussée foudroyante est encore aujourd'hui mal connue et notre regret est que l'Exposition de 1900 n'en ait pas mieux fait ressortir la puissance et la portée sociales.

Voici donc la série de métamorphoses qui, d'une informe poutre de bois montée sur deux roues, a fait jaillir la fine machine d'acier, légère, silencieuse et rapide, qui sert aujourd'hui de moyen de locomotion individuel à plus d'un million de nos concitoyens. (Cycles déclarés et soumis à l'impôt en 1900 : 975,878.)

Qui eût osé voir? Qui eût, d'un esprit prophétique, deviné la bicyclette de 1900 dans l'invention de M. de Sivrac en 1790 ?

Une poutre, deux roues et deux fourches à l'avant et à l'arrière pour le passage d'icelles. Ces deux roues se suivaient naturellement sur une ligne droite invariable ; il fallait soulever ou déplacer l'une ou l'autre pour changer de direction.

Le *cycliste* d'abord enfourchait la poutre ou empoignait une extrémité et, de toute la puissance de ses jarrets, pesant du pied sur le sol, se lançait en avant.

Tout primitif qu'il fût, cet appareil augmentait d'une façon assez sensible la vitesse de translation du cavalier, le bon marcheur était distancé.

Qu'on le remarque bien, si naïve qu'elle nous semble aujourd'hui, la mécanique de M. de Sivrac posait deux principes essentiels : l'emploi de la roue qui, de tout temps

a symbolisé la vitesse, et l'usage de la jambe, cette bielle humaine qui se prête à tout.

Telle quelle, la poutre de M. de Sivrac baptisée *célérifère* eut, sous la Révolution et principalement après Thermidor, un succès considérable. Faute de pouvoir la perfectionner au point de vue mécanique, on se rattrapa dans le domaine de l'art (!) on lui donna toutes sortes de formes et figures empruntées soit au règne animal, soit au monde fantastique : têtes de chevaux, de cerfs, de lions, de serpents, de chimères, de dragons, etc.

Il fallut attendre vingt-huit ans le premier progrès, et l'honneur, pour une fois, en revint à un baron badois, le baron Drais de Sauerbrön. Son invention était simple, il articulait simplement la roue d'avant du célérifère ou du vélocifère, comme on disait en 1818. Une simple cheville de bois fournissait le pivot permettant la direction en tous sens de l'appareil sans l'arracher de terre.

M. le baron Drais, craignant apparemment d'être oublié de la postérité, donna lui-même son nom au vélocifère ainsi modifié et l'appela *draisienne*.

Le progrès, somme toute, était incontestable, cela n'empêcha pas la draisienne d'être fort mal accueillie à son début en France. Désolé, le baron Drais, venu à Paris pour une expérience solennelle qui ne réussit pas, retourna dans son pays. Il est mort en 1851 à Carlsruhe. Ses compatriotes lui ont élevé récemment un monument.

Le succès vint, par la suite, à la draisienne en France, mais elle triompha surtout en Angleterre lorsque les constructeurs anglais eurent substitué le fer au bois, et changé le nom de draisienne en celui de *hobby horse*.

De 1818 à 1855, nul progrès. L'idée première partie de France, retouchée par un Allemand, ne va prendre son développement complet que grâce à un ouvrier français, presque un enfant, Ernest Michaux, âgé de quatorze ans.

En 1855, Ernest Michaux, fils d'un serrurier en voitures, demeurant cité Godot-de-Mauroy, à Paris, rêve devant les draisiennes qu'on apporte à réparer à l'atelier de son père. Ernest Michaux songe qu'au lieu de frapper le sol du pied, on pourrait employer la jambe à faire tourner la roue tout comme l'on fait tourner la meule à aiguiser les outils, avec une pédale et une manivelle.

Très bon forgeron, il a vite adapté deux manivelles et deux pédales à la draisienne d'un client. Il escalade l'appareil et bientôt il roule sur ses roues, dispensé d'élan puisé sur le sol. Le vélocipède est né.

Pourvue de pédales, la draisienne n'est plus un jouet, c'est une entité mécanique, c'est une machine pouvant transporter un homme à une vitesse triple ou quadruple de celle de la marche.

Le résultat de cette métamorphose définitive ne tarde pas à se faire sentir. Michaux père et fils perfectionnent l'antique draisienne et les pédales d'Ernest Michaux; ils montent et installent la première usine de vélocipèdes, usine qui, à la veille de la guerre de 1870, occupera cinq cents ouvriers. Les Michaux, à l'exemple des Anglais, qui ont dès le premier moment profité sans vergogne de l'invention de la pédale, les Michaux

ont abandonné le bois pour le fer, et leurs bicycles connus sous le nom d'*araignées* s'enlèvent à prix d'or.

D'autres constructeurs, des loueurs vinrent précipiter le mouvement; ce fut une mode, un engouement général; on vit le jeune prince impérial, juché sur un bicycle de Michaux, pédaler dans le jardin des Tuileries.

Un secrétaire de Victor Hugo, M. Richard Lesclide, dit *le Grand Jacques,* fonda un journal spécial : *le Vélocipède illustré;* le premier club, le Véloce-Club, fut fondé à Paris; d'autres surgirent dans les départements.

Richard Lesclide tenta, vingt-deux ans avant Jean-Sans-Terre, de convertir les masses au nouveau mode de locomotion et organisa une grande course sur route, de Paris à Rouen.

Elle se disputa le 7 novembre 1869. Plus de trois cents engagés, une centaine de partants et... vingt-un arrivants. Le vainqueur fut l'anglais Moore, qui couvrit les 123 kilomètres en 10 heures 34 minutes. Du 12 kilomètres à l'heure comme moyenne.

L'avenir s'ouvrait rayonnant pour le vélocipède, mais la pauvre machine, trop peu entrée dans les mœurs, fut jetée à bas par les événements de 1870-1871 et faillit ne plus s'en relever.

En France, les usines disparurent, les ateliers se fermèrent et seule l'industrie étrangère eut charge de perfectionner l'œuvre de Sivrac, Drais et Michaux.

Les années passèrent, rien ne vint, ni de chez nos vainqueurs, ni de l'autre côté de la Manche.

Timidement, les ateliers de vélocipèdes se rouvrent chez nous et les quelques cyclistes restés fidèles au culte de la machine à pédales, n'osant se montrer, s'en vont errer le long des routes, aiguillant le vélocipède dans la voie du tourisme.

Ne pouvant refaire Paris-Rouen, deux amateurs, MM. Pagis et Laumaillé, à la nouvelle qu'une jument hongroise, montée par M. Zubovitz, a effectué le parcours de Vienne-Paris en quinze jours, veulent démontrer que le bicycle peut en faire autant, sinon davantage, et ils refont en sens inverse le trajet de Paris à la capitale de l'Autriche en douze jours seulement. Le vélocipède rentre en considération.

A l'Exposition universelle de 1878, la Classe 62, du Groupe VI, Carrosserie et Charronnage, comporte douze exposants de vélocipèdes. On ne réclamait pas un palais pour la bicyclette toute seule en ce temps-là !

L'effet sur les visiteurs fut maigre, d'autant plus maigre qu'une des maisons exposantes, la maison Renard frères, n'avait pas craint de présenter un bicycle avec une roue de 2 mètres de diamètre. Les plus hardis en eurent un frisson.

Les vélocipèdes restaient fort lourds; un inventeur français, Jules Truffault, entreprit de les alléger.

Des fourreaux de sabres de cavalerie pour les fourches, des corps tubulaires pour le bâti et finalement l'invention de la jante creuse diminuèrent considérablement le poids de la machine.

Les inventions de Truffault, aussitôt appliquées en Angleterre, donnèrent aux constructeurs anglais une grande avance sur nous. Leurs bicycles sont des plus légers et des plus solides. Un Anglais, J. K. Starley, a l'idée d'employer le mouvement différentiel à la machine à trois roues et le tricycle peut poursuivre une carrière triomphante.

Les modifications dans l'ancienne *araignée* des Michaux ne se comptent plus; les caoutchoucs pleins, les rayons tangents, la diminution de diamètre de la roue d'arrière amènent le bicycle à une pureté de lignes qui lui conquièrent bien des adeptes.

Dès 1869, M. Suriray, un Français, avait appliqué les coussinets à billes aux vélocipèdes; un inventeur anglais, M. Rudge, refait sienne cette invention vers 1879 et fonde une maison que cette application rend bientôt prospère.

Dans la même année 1869, un autre Français, M. Montagne, avait démontré que les inconvénients du bicycle n'existeraient plus en rendant motrice la roue d'arrière et en reportant la selle au-dessus de cette roue.

Les fabricants anglais reprirent l'invention de M. Montagne en 1880, mais sans succès, et c'est seulement en 1885 qu'ils construisirent le *Rover,* la première bicyclette.

Comme la draisienne, la bicyclette fut fort mal accueillie, mais aussi, comme son aïeule, elle avait la vie dure et après quelques modifications, elle commença à s'imposer de 1886 à 1888.

A corps droit, puis à cadre très abaissé, la bicyclette engagea la lutte contre le prépondérant bicycle, mais l'Exposition universelle de 1889 s'ouvrit sans que le bicycle vît son empire trop menacé.

L'industrie étrangère, anglaise surtout, y montra une réelle puissance, mais des marques françaises s'y montraient aussi, acceptant la lutte : les Peugeot, les Clément, les Rochet, les Truffault, etc. . . y donnaient la réplique aux Rudge, aux Humber, aux Sterley, aux Hillmann, etc.

Le rendement, comme diffusion de la vélocipédie, ne fut guère supérieur à celui de 1878, seulement les cyclistes, de plus en plus nombreux, se faisaient convertisseurs et réussissaient suffisamment pour absorber la production des usines d'alors.

La bicyclette, avec le printemps 1890, prend nettement l'avantage sur le grand bicycle, et du coup la vélocipédie fait un pas en avant.

Il n'y a que le premier pas qui coûte, on ne l'ignore pas; le second, la vélocipédie le fit bien plus vite. Des centres cyclistes, formés en province, notamment à Bordeaux et à Grenoble, se mirent résolument en action.

L'Union vélocipédique de France, fondée depuis 1881, vit les possesseurs de bicyclettes se ranger nombreux sous ses règlements, l'obligeant elle-même à l'action, mais ce fut un grand club du Sud-Ouest qui donna le signal de la croisade de propagande cycliste.

Le Véloce-Club bordelais décida, pour le 27 mai 1891, une grande course sur route de Bordeaux à Paris, course ouverte à tous amateurs français et étrangers.

Le monde de la vélocipédie comprit qu'un événement considérable allait s'accomplir. Tous ceux qui avaient touché une pédale suivirent anxieusement dans la presse les péripéties de la course.

Elle révéla des choses insoupçonnées. D'abord, qu'on pouvait aller de Bordeaux à Paris, soit tout près de 600 kilomètres, en 27 heures. Ensuite, que les Anglais tenaient la tête, et comme coureurs et comme industriels. Les quatre premiers : Mills, Holbein, Edge et Bates étaient Anglais et montaient des bicyclettes anglaises. Quant au bicycle d'antan, il n'avait pas paru dans la course. A cette époque, la bicyclette commençait à se répandre dans toutes les classes de la société, les cyclistes n'étaient déjà plus des *imbéciles à roulettes,* et des journalistes connus prenaient la défense de la nouvelle machine.

En 1890, une conversion sensationnelle avait été celle de M. Pierre Giffard (Jean-sans-Terre, du *Petit Journal*).

M. Pierre Giffard ne tint pas sa conversion cachée, loin de là; le *Petit Journal,* le *Figaro* devinrent, grâce à lui, des défenseurs des cyclistes.

La défaite des coureurs français dans Bordeaux-Paris parut inacceptable à Jean-sans-Terre. Délibérément, il engagea M. Marinoni, directeur du *Petit Journal,* dans l'organisation d'une grande course nationale de Paris à Brest et retour, soit la distance de 1,200 kilomètres.

Le retentissement de Bordeaux-Paris fut dépassé et de loin, les millions de lecteurs du *Petit Journal* se passionnèrent pour Paris-Brest, et le jour de la course, la France entière eut les yeux sur les coureurs.

L'extraordinaire course de Charles Terront, sa lutte contre Jiel-Laval, cette randonnée de soixante-douze heures sans arrêt, sans repos, sans sommeil, tout cela frappa vivement les masses. L'opinion publique fut conquise.

Un seul bicycle avait figuré dans Paris-Brest, le triomphe de la bicyclette était complet.

La course était nationale, seuls les coureurs français y prenaient part, mais les bicyclettes étrangères étaient admises et c'était une bicyclette anglaise qui triomphait, pourvue toutefois d'un nouveau perfectionnement, le pneumatique, c'est-à-dire d'un pneumatique démontable dû à une maison française, la maison Michelin.

La seconde bicyclette était française, mais son pneumatique était anglais.

Le règne de la bicyclette. — La bicyclette a subi toutes ses métamorphoses; à l'époque de Paris-Brest, elle est en possession de tous ses éléments ou peu s'en faut.

Désormais, les constructeurs sont assurés d'une clientèle, les usines existantes s'agrandissent, d'autres se fondent et, courageusement, les industriels français vont tenter de faire repasser en France la suprématie incontestable que détiennent les fabricants anglais.

En Angleterre, le mouvement cycliste tire aussi profit de Paris-Brest, une ère de prospérité se dessine pour leurs constructeurs, une ville entière qui fabriquait des rubans,

C. F. E.

Coventry, se transforme et devient la métropole de l'industrie cycliste, suivie de près par les cités de Birmingham, Beeston, Wolverhampton, Glascow, etc.

La France leur semble un débouché naturel, et dans la seule année 1892, ils importent chez nous *622,671 kilogrammes* de cycles ou pièces détachées, alors que notre exportation au delà de la Manche ne s'élève qu'à *21,136 kilogrammes.*

Les cyclistes s'inquiètent peu de la provenance des cycles, la question de l'année est celle du pneumatique, la lutte s'engage entre le Dunlop, le Clincher (anglais) et le Michelin, le Torrilhon, le Décourdemanche, le Nivet, etc. (français), les uns démontables, les autres increvables, autoréparables, indégonflables.

Les Anglais, depuis plusieurs années déjà, possèdent une exposition cycliste, le Stanley-Show annuel. A celui du début de 1893, on voit se répandre les bicyclettes, tandems, et se produire un retour offensif de l'ancien bicycle, multiplié maintenant dans son moyeu, mais la bicyclette repousse l'ennemi.

En février 1893 se court, sur un vélodrome d'hiver installé dans la Galerie des Machines, à Paris, le match fameux de Corre contre Terront, le vainqueur de Paris-Brest.

Terront est victorieux et 40,000 Parisiens le viennent applaudir, le maréchal de Mac-Mahon en tête. Couru en plein hiver, ce match continue Paris-Brest et prépare de nouvelles recrues cyclistes pour le printemps suivant.

L'armée elle-même a prêté attention à la course Paris-Brest et l'on entreprend en 1893, à l'arsenal de Puteaux, la construction de bicyclettes militaires pour l'École de Joinville et les estafettes de l'État-Major.

L'année 1893 voit surtout multiplier les conversions à la bicyclette d'une foule de personnalités qui, par ainsi, influent d'autant sur le mouvement.

Mettant à profit la visite des officiers russes à Toulon et à Paris, Charles Terront démontre l'alliance à la manière cycliste en effectuant le record de Saint-Pétersbourg-Paris.

Le champion de France Cassignard étant mort des suites d'une chute de cheval, toute la grande presse donne des biographies de cette célébrité cycliste. Signe des temps.

Deux vélodromes, celui de Buffalo, à la porte des Ternes, celui de la Seine, à Levallois-Perret, amènent chaque dimanche les Parisiens autour de leurs balustrades.

Le Vélo, au bout d'une année d'existence, se signale par une vive campagne dans le but d'obtenir une exposition cycliste annuelle analogue au Stanley-Show anglais. Il y parvient, et le 11 janvier 1894 s'ouvre la première exposition cycliste, baptisée par Pierre Giffard : le Salon du cycle.

Au point de vue industriel, il n'y a guère à signaler que l'emploi de tubes plus gros dans les cadres des bicyclettes, une machine cycliste à leviers utilisant les bras, la Valère, une bicyclette à transmission par bielles, la Potelune et surtout un débordement de pneumatiques increvables, démontables, etc. La lutte sur ce chapitre est toujours fort vive.

Le cyclisme prend de la confiance en lui-même et obtient l'installation d'un trottoir cyclable de Charenton à Villeneuve-Saint-Georges pour éviter une route pavée et gagner facilement Melun et Fontainebleau.

La mode s'éprend du cyclisme, les snobs paraissent en piste, MM. Max Lebaudy, Huillier, Étienne Giraud courent des matches, tentent des records.

M. Clément, constructeur de cycles, est décoré. M. Hurtu l'avait été précédemment mais bien plus comme constructeur de machines à coudre que pour sa fabrication de bicyclettes.

Des épreuves spéciales pour l'obtention du brevet d'aptitudes militaires et cyclistes établies en conformité du règlement du 2 avril 1892 réunissent plusieurs centaines de concurrents et sont suivies avec intérêt par l'autorité militaire.

La quatrième course Bordeaux-Paris est gagnée par Lesna en 25 heures 2 minutes.

Un mois après, Huret gagne la première course de fond de 24 heures sur piste, dite Bol d'Or, en couvrant 736 kilomètres.

Le fameux champion américain Zimmermann vient en France pour la seconde fois et bat nos meilleurs coureurs.

Les grandes courses routières sillonnent la France, propageant la bicyclette : Lyon-Paris-Lyon, Paris-Dinan, Paris-Saint-Malo, Paris-Bar-le-Duc, etc., Rivierre et Lesna sont partout vainqueurs.

Paris compte plus de cent manèges pour l'apprentissage de la bicyclette. Les fêtes cyclistes des Artistes, des Increvables, etc., font courir tout Paris.

Le deuxième Salon du Cycle ne nous révèle que deux nouveautés : une bicyclette à transmission par pignons d'angle, l'acatène, et le pédalier étroit. On voit paraître aussi des bicyclettes à trois places dites triplettes, bientôt suivies de quadruplettes.

Toujours même lutte des pneumatiques que les machines à trois et quatre places obligent à augmenter de résistance.

En 1894 on a parlé vaguement d'abord d'une bicyclette à pétrole allemande. C'est le début du motocyclisme, qui fait partie d'un autre chapitre.

L'année 1895 voit la même profusion de courses cyclistes que l'année précédente.

La cinquième course Bordeaux-Paris est gagnée par l'Autrichien Gerger.

L'intérêt suscité par la première grande course d'automobiles : Paris-Bordeaux et retour, n'enlève rien à la bicyclette. Les exploits de Huret dans le Bol d'Or, couvrant 829 kilom. 498 dans les 24 heures, battant le record de son rival anglais Shorland, puis de Rivierre qui rebat le record de Huret et le reporte à 842 kilomètres, tout cela passionne le public.

Le 18 juin 1895, un nouveau règlement du brevet militaire accentue encore le mouvement dans le sens de l'utilisation de la bicyclette dans l'armée.

Un petit corps de 25 cyclistes sous les ordres du lieutenant Saumade prend part, et avec le plus grand succès, aux manœuvres de l'Est.

Le capitaine Gérard commande aux manœuvres du IIe corps d'armée un autre petit groupe muni de la nouvelle bicyclette pliante qu'il vient d'inventer et construite par M. Morel, constructeur à Domène (Isère).

Le second Grand-Prix cycliste de la ville de Paris est gagné par Morin; le précédent Grand-Prix, couru au vélodrome de l'Est sans grand bruit, avait été gagné par l'Américain Banker, mais l'intérêt du second se doublait de l'inauguration de la piste dite municipale, établie sur les pelouses de Reuilly, au bois de Vincennes.

Désormais, et chaque année, les manifestations vélocipédiques devenues classiques se ressemblent; le perfectionnement de la bicyclette se fait dans les détails et les événements véritablement importants dans l'évolution cycliste deviennent rares.

Citons en passant un concours de tourisme institué par la marque Gladiator et qui fait triompher un littérateur de talent, M. Maurice Leblanc, qui deux ans après publie le premier roman cycliste : *Voici des ailes.*

En 1896, les jeux olympiques, en Grèce, voient triompher dans la partie vélocipédique (inconnue de Pindare) les Français Masson et Flamang. On donne aussi des courses de dames cyclistes. Un des plus populaires champions de la bicyclette, Jacquelin, arrive à la gloire avec le *brassard n° 1*. Une équipe américaine composée du fameux Johnson et de Macdonald se fait battre à plates coutures par Morin d'abord, par Jacquelin ensuite.

L'événement principal de l'année 1896 a trait à la vélocipédie militaire. Le général Billot, alors Ministre de la Guerre, reforme le petit corps cycliste du capitaine Gérard, mais en confie le commandement à un autre officier.

Tempêtes, protestations, toute la presse est en mouvement. M. Le Hérissé dépose une demande d'interpellation. Le Ministre cède et le capitaine Gérard conduit sa compagnie avec un succès qui désarme tous ses adversaires.

Un important événement industriel se produit en automne 1896. Un syndicat anglais achète les marques françaises Gladiator et Clément plus l'agence française de la marque Humber.

Jusqu'à ce jour, les résultats de ce groupement n'ont pas été ceux espérés.

Une même opération financière faite en Angleterre sur le pneumatique Dunlop ne change guère l'état du marché cycliste.

L'année 1897 reproduit les événements de l'année 1896. L'année 1898 est marquée par l'abaissement à 6 francs de l'impôt cycliste et l'obligation de la plaque de contrôle.

L'année 1899 s'absorbe dans la préparation de l'Exposition. Le développement de la vélocipédie militaire en est le principal fait saillant et la formation de la Société nationale de la bicyclette pliante Gérard dont la construction, confiée à la marque Peugeot et la fourniture de pneumatiques, à la maison Michelin, assure au Gouvernement toute garantie de bonne qualité pour sa compagnie cycliste.

Deux cents de ces machines sont achetées par le Ministre de la Guerre et subissent, sous la direction de leur intelligent inventeur, des épreuves de tout genre.

La bicyclette pliante est également adoptée par les propriétaires d'automobiles qui l'emploient à peu près comme le canot de sauvetage en cas d'avarie.

Les dernières nouveautés, les derniers perfectionnements de la bicyclette ont trait à la roue libre, aux freins sur jantes et aux changements de vitesse. On commence aussi à parler de bicyclettes dans lesquelles le pédalage se fait en sens inverse du mouvement usuel.

L'avenir nous fixera sur les avantages réels de ces nouveautés. La machine actuelle mérite néanmoins, telle quelle, l'admiration de tous car elle est réellement une merveille.

Pesant le sixième ou le septième du poids de l'homme, elle lui permet d'atteindre, par ses seules forces musculaires, une vitesse moyenne triple ou quadruple de celle développée dans une bonne marche avec un moindre effort et une moindre fatigue.

C'est tout simplement une des plus belles conquêtes, non de l'homme, mais du génie humain.

B. — MATIÈRES ET PROCÉDÉS DE FABRICATION.

Une bicyclette se compose de tubes, de raccords ou pièces d'assemblage, de roulements, d'un appareil de transmission et de jantes munies de bandages.

Tubes. — Les tubes sont en acier trempé, étiré à froid, sans soudure. Peu de constructeurs de cycles fabriquent eux-mêmes leurs tubes, et la maison Peugeot est la seule maison française qui fasse exception à la règle.

Les principales fabriques de tubes sont : la Société française des métaux, la société *La Gallia,* la maison Curtit et la maison Monnier et Seitert. De ces maisons, les deux premières seulement fabriquent elles-mêmes leurs ébauches; les autres les font venir de Suède et se bornent à les étirer au blanc.

Les tubes employés dans la construction d'un cadre de bicyclette varient comme épaisseur, de 7 à 10/10 de millimètre et, comme diamètre, de 16 à 30 millimètres.

Dans la fabrication des cadres n'entre pas exclusivement l'emploi du tube étiré sans soudure. Beaucoup de fabricants ont adopté pour les fourches avant et pour les jambages arrière inférieurs et supérieurs, des tôles découpées, repliées et brasées. Cette fabrication a l'avantage de revenir au moins 50 p. 100 moins cher que l'emploi du tube étiré, et quand la brasure est faite avec soin et au cuivre rouge, ce genre de tubes donne des résultats satisfaisants.

Pour la machine de luxe et la machine extra-légère, l'emploi de ces tôles brasées doit être abandonné, car il nécessite l'emploi d'une épaisseur d'acier plus grande.

Les tubes pour ces fourches et pour ces bandages coudés d'avant et d'arrière, subissent une série de forgeages et de transformations à la matrice, pour les amener à leur forme : conique et cintrée pour les fourches, elliptique et cintrée pour les jambages d'arrière. Ces cintrages peuvent se faire à froid ou à chaud. Le procédé à chaud est

plus expéditif, mais a comme inconvénient de recuire la matière et, par conséquent, de lui ôter de sa rigidité. Pour cintrer ces tubes à chaud, on a soin de les remplir de sable tassé, de façon à éviter les plis.

Le cintrage à froid, de beaucoup préférable, puisqu'il conserve à la matière tout son nerf, se fait en remplissant le tube de résine, également pour éviter les plis.

Les guidons se font également en tubes cintrés par les procédés que nous venons d'indiquer.

Pour terminer la question des cadres, nous dirons qu'il est prudent de mettre dans la partie du tube qui se relie aux tubes d'assemblage, un renfort intérieur appelé fourrure. Cette fourrure est faite en dents de scie, et a pour objet d'empêcher le cisaillement du tube, qui pourrait se produire par les trépidations à l'endroit où le tube sort de la pièce d'assemblage.

Il entre dans la construction d'une bicyclette un peu moins de trois kilogrammes de tubes; le prix moyen de vente au kilogramme est de 2 francs.

Raccords ou pièces d'assemblage. — Les raccords peuvent être en fonte d'acier, en acier coulé, en acier forgé, ou en tôle emboutie.

Fonte. — La fonte est une matière peu recommandable et qui ne s'emploie guère que pour les machines tout à fait bon marché; d'ailleurs l'économie réalisée par l'emploi de cette matière est assez illusoire, étant donnés les nombreux rebuts que l'on trouve en cours d'usinage de ces pièces et l'usure considérable des outils pour en attaquer la surface extérieure.

Acier coulé. — L'acier coulé, plus homogène et moins sujet aux soufflures, a comme inconvénient principal de durcir parfois quand il est refroidi brusquement après le brasage de la pièce, ce qui peut offrir des inconvénients, particulièrement quand la pièce n'est pas achevée et qu'il y a encore à l'attaquer à l'outil. Cette dureté a encore comme inconvénient d'empêcher de donner à la pièce le degré de fini désirable, la lime se refusant à y mordre.

Acier forgé. — Les pièces d'assemblage fabriquées en acier forgé sont certainement les meilleures, mais elles sont extrêmement coûteuses, comme fabrication, à cause des frais considérables de matrices qu'elles entraînent, et comme finition, parce qu'étant pleines, il y a énormément de matière à enlever pour les amener à leur épaisseur définitive. Aussi les emploie-t-on de moins en moins et les réserve-t-on uniquement pour certaines machines de luxe où la question du prix de revient n'entre pas en ligne de compte.

Les principales maisons qui fabriquent les pièces de bicyclettes forgées sont : la maison Wichard et Conge et la maison Peugeot. Quelques maisons des Ardennes, parmi lesquelles nous citerons la maison Demangelle, fabriquent également la pièce forgée.

Le forgeage se fait généralement avec des marteaux à planche, de façon à avoir un coup élastique et réchauffant, mais l'usure des matrices est considérable et plusieurs recuits sont nécessaires pour opérer les différentes transformations qui amènent la pièce à son état de forge primitif.

Tôle emboutie. — C'est incontestablement dans l'emploi de la tôle emboutie comme pièces d'assemblage que réside l'avenir de la fabrication de la bicyclette. Cette fabrication nécessite, il est vrai, un outillage considérable et l'emploi de matières judicieusement choisies, de façon à pouvoir supporter les transformations de toutes sortes nécessaires pour arriver d'une tôle ou d'un tube, à faire une pièce souvent très compliquée.

Un des avantages de la tôle emboutie réside dans son poids relativement très bas. En outre, la pièce sortant de la matrice est quelquefois terminée et ne nécessite aucun passage sur les machines-outils. Par contre, elle est inférieure à la pièce en acier forgé au point de vue de la rigidité, parce que la pièce en acier forgé, étant pleine, peut être travaillée de façon à varier les épaisseurs, suivant l'effort demandé à la pièce, tandis que, de par son système de fabrication, la pièce en tôle emboutie est d'épaisseur uniforme.

Nous distinguerons dans la tôle emboutie deux procédés de fabrication :

Le procédé français qui consiste à partir d'un tube pour arriver, après un certain nombre de transformations, à en faire la pièce voulue, et le procédé américain, qui consiste à prendre une tôle plate, à y faire les différents bossages nécessités par la confection de la pièce, et à la terminer en refermant cette pièce sur un mandrin et en la soudant électriquement.

Le procédé américain est certainement plus économique que le procédé français, mais son grand inconvénient est qu'on risque de brûler la matière en la surchauffant au point de soudure. Ajoutons que la principale raison pour laquelle ce procédé n'est pas encore adopté en France, c'est qu'aucun fabricant français n'a pu jusqu'à ce jour trouver le tour de main voulu pour y arriver. La force motrice et l'outillage sont en outre considérables et une usine de cycles, si importante fût-elle, ne trouverait pas dans son seul débouché l'écoulement nécessaire pour couvrir les frais généraux considérables nécessités par une installation de ce genre.

Les raccords au point de vue commercial. — Seules quelques grandes maisons fabriquent elles-mêmes leurs raccords. Les petits fabricants ont avantage a se les procurer au dehors, et emploient surtout l'acier coulé ou la fonte d'acier, car s'ils veulent employer des pièces forgées ou embouties, leur production ne pouvant couvrir la dépense de l'outillage nécessaire pour créer des modèles, les oblige à choisir dans les types existants, et par conséquent les empêche d'avoir des modèles à eux; c'est une des raisons qui leur font préférer les pièces coulées pour lesquelles ils n'ont que des frais de modèles en bois insignifiants.

IMPRIMERIE NATIONALE

Les estampages et les emboutissages de la maison Vauzelle et Morel ont été très remarqués, et ont valu à M. Vauzelle une médaille d'or.

Roulements. — Avec les roulements, nous touchons à l'âme même de la machine, et la réputation des grandes marques provient surtout du choix judicieux de l'acier, du profil des roulements, des procédés de cémentation et de trempe, des soins apportés à la rectification après trempe, et de la qualité des billes employées.

Le roulement se compose d'un cône et d'une cuvette qui peuvent être disposés des deux façons suivantes (Voir croquis) :

Première disposition (fabrication économique). — La cuvette est emboutie à la presse suivant la forme demandée par le roulement, est cémentée et trempée, et chassée au balancier dans le corps du moyeu ou du pédalier; la rectification de ces cuvettes se fait généralement lorsque les pièces sont en place dans leur logement.

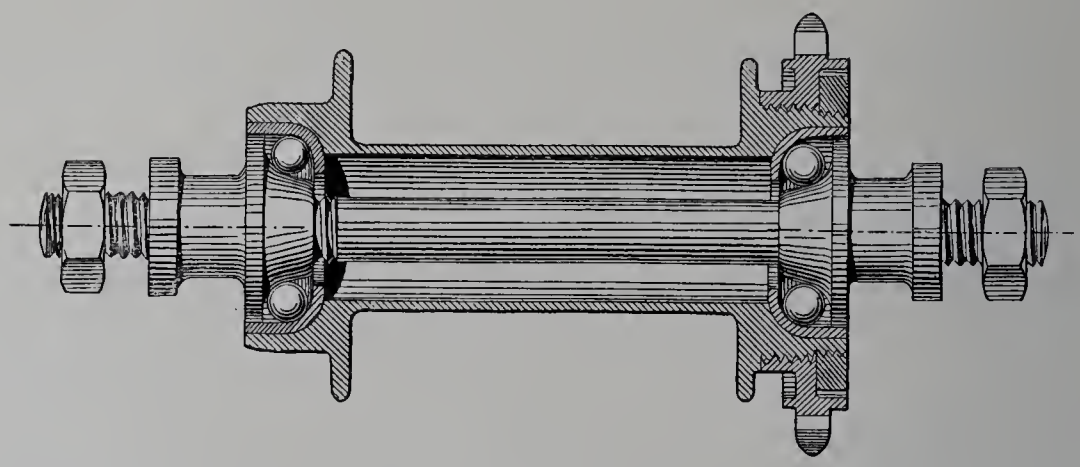


Fig. 1.

L'axe des moyeux est pris dans une barre tréfilée en diamètre voulu, filetée aux deux extrémités sur une longueur convenable pour recevoir les cônes de roulement. Ces cônes sont généralement décolletés sur des machines automatiques, filetés au centre du diamètre de l'axe, et montés sur celui-ci. Le cône de roulement de droite est bloqué à fond sur le filetage et celui de gauche, n'allant pas jusqu'au bout du filetage de l'axe, permet le réglage du roulement. Cette disposition qui a été adoptée depuis le début des frottements à billes, tend à disparaître de plus en plus. Elle n'est plus guère employée que pour les machines ordinaires, d'un prix très bas, car la douceur de roulement des moyeux avec cette disposition n'est pas aussi grande qu'avec le dispositif suivant, que nous allons développer.

Deuxième disposition. — Dans cette deuxième disposition les cuvettes sont filetées extérieurement et vissées dans le corps du moyeu. Celle de droite porte un rebord extérieur qui permet de la bloquer fortement sur l'extrémité du tube du moyeu; celle de gauche, sans rebord, sert de réglage au roulement et est fixée à sa bonne position par

un contre-écrou venant, en se vissant sur l'extérieur de la cuvette, s'appuyer sur la face gauche du moyeu et empêcher tout déréglage.

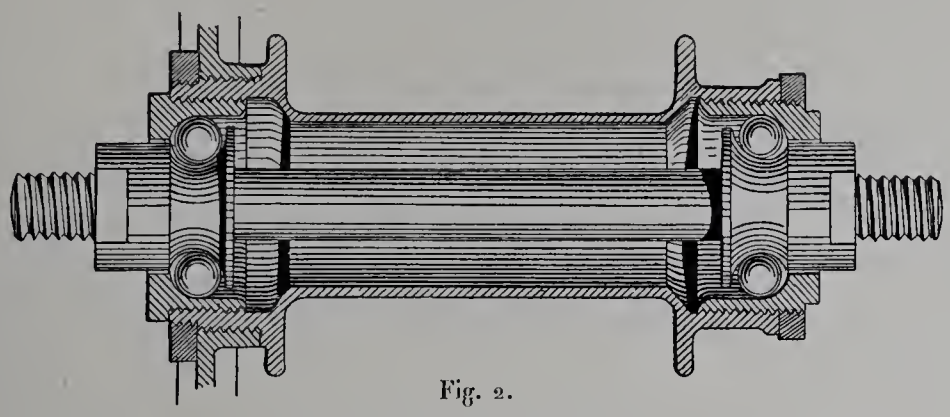


Fig. 2.

L'axe du moyeu porte alors ses cônes vissés à bloc à une position fixe, ce qui permet de les rectifier en place et d'arriver à un parfait parrallélisme de ces deux surfaces de roulement des billes. Certains fabricants au lieu de rapporter les cônes vissés à bloc sur les axes, font l'axe et les cônes d'une seule pièce. Cette disposition est bonne mais nécessite certaines précautions de cémentation et de trempe, de façon à ne pas rendre, par le fait de ces opérations, l'axe cassant.

Ce dernier procédé de fabrication d'axe de moyeu est généralement employé dans les machines extra légères, car ce dispositif permet d'obtenir un axe de moyeu moins lourd. De plus, le diamètre de roulement étant plus petit avec les mêmes dimensions de billes employées, on arrive forcément à des cuvettes plus petites, et à un corps de moyeu de dimensions moins grandes, ce qui occasionne une diminution de poids sensible.

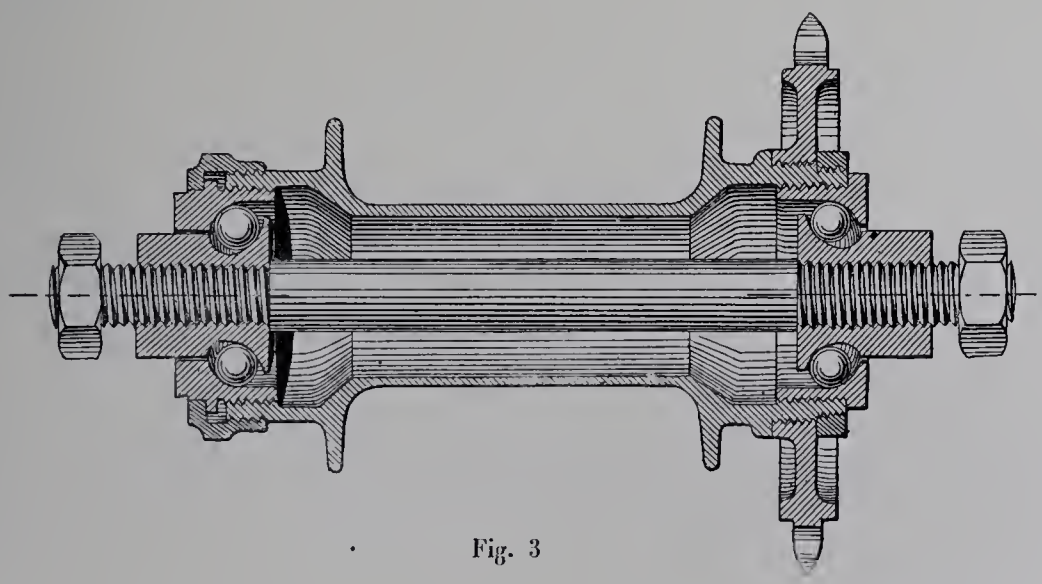


Fig. 3

Une des grandes qualités d'un roulement de moyeu réside dans la fixité de sa position de réglage, c'est-à-dire qu'il est nécessaire, lorsque les cuvettes sont réglées et bloquées, qu'il ne puisse, par l'effet des trépidations de marche, prendre du jeu.

Pour obvier à ce déréglage et être absolument certain qu'il ne puisse se produire, on a employé divers dispositifs : soit de bloquer la cuvette par un contre-écrou disposé comme l'indique la figure 3, page 35, soit de préférence, par l'emploi d'un contre-écrou s'appuyant sur la face extérieure de la cuvette et venant se visser avec un pas inverse à celui de la cuvette, sur l'extérieur du corps de moyeu, comme figure 3.

On comprend aisément qu'avec ce dernier dispositif, pour que la cuvette puisse se dévisser, il faudrait que le contre-écrou se visse sur le moyeu, ce qui ne lui est pas permis, les deux surfaces, cuvette et contre-écrou, s'appuyant déjà fortement l'une contre l'autre.

Roulements de l'axe de pédalier. — Pour les roulements de l'axe de pédalier, on a commencé comme pour ceux des moyeux, par visser les cônes sur celui-ci et employer des cuvettes embouties, chassées fortement dans la boîte du pédalier (fig. 4).

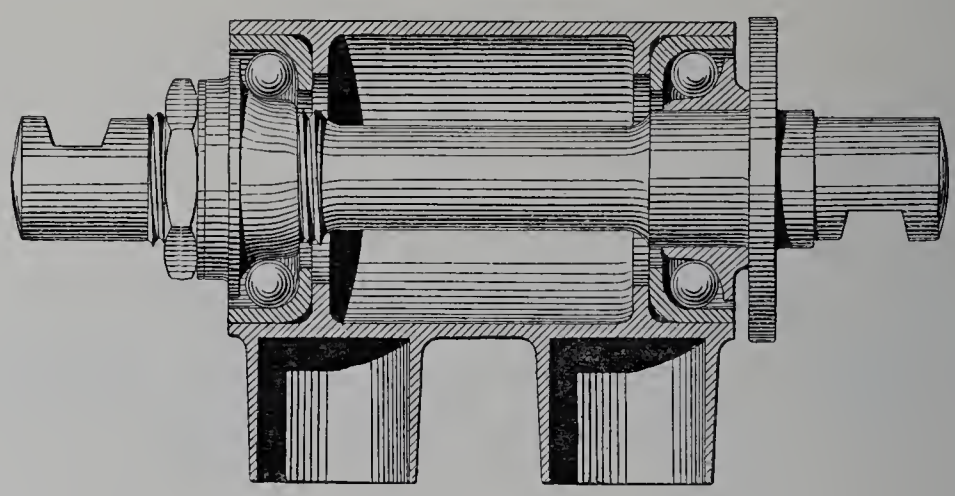


Fig. 4.

Ce dispositif n'est plus employé par les maisons renommées et ne se fait plus que pour les marques tout à fait secondaires.

Le dispositif généralement employé maintenant par les constructeurs, consiste en un axe forgé dans une matrice et portant en relief ses deux cônes de roulement; dans ce cas les cuvettes sont vissées dans l'intérieur du pédalier et d'une façon identique, comme réglage et comme blocage, à la disposition indiquée plus haut pour les moyeux.

Ces cônes et cuvettes sont séparés par des billes. Leur profil doit être étudié de telle façon que les billes ne portent qu'en deux points et que les courbes des cuvettes et des cônes soient telles que les deux points sur l'un et sur l'autre soient dans un tel sens qu'ils empêchent autant que possible le glissement des billes et assurent son roulement parfait.

Le choix de la matière pour les roulements est d'une grande importance. Il est indispensable, en effet, d'avoir une matière absolument homogène et très douce. On prend, à cet effet, des aciers extra-doux de Suède, non trempants, et que l'on cémente pour leur faire prendre la trempe.

La cémentation se fait en vases clos, en disposant les pièces devant subir la cémentation dans une composition spéciale dont chaque maison garde soigneusement le secret. Chaque casse à cémenter est remplie de pièces de même espèce et on est arrivé, par

expérience, à savoir combien d'heures il est nécessaire de laisser au four chaque espèce de pièces. Les pièces sortant de la cémentation sont jetées brusquement, soit dans l'eau, soit dans des préparations plus ou moins secrètes et empiriques dont chaque maison croit avoir le secret.

L'opération de la trempe amène forcément quelques déformations dans les pièces trempées, et c'est là qu'intervient l'opération si délicate de la rectification après la trempe, car il faut, tout en redonnant à la pièce son profil mathématique, avoir assez d'épaisseur durcie pour que la trempe ne soit pas illusoire. Ajoutons pour terminer, que certaines maisons de second ordre ne prennent pas le soin de rectifier leurs pièces et se contentent de les blanchir à l'émeri.

Billes. — Les fabricants de cycles produisent rarement eux-mêmes leurs billes, la fabrication de la bille nécessitant un outillage considérable qui n'a de raison d'être que si le fabricant cherche en dehors de sa propre fabrication, des débouchés au dehors. Parmi les maisons françaises on peut citer la Macérienne, la maison Bellair et Burnouf, qui fabriquent la bille sur une grande échelle, et comme la maison anglaise, les Auto-Machinery, à Coventry. On emploie également en France beaucoup de billes allemandes qui, par patriotisme, sont écoulées sous des noms américains.

La bille se fait avec un outillage automatique. Elle peut être laminée ou tournée, mais la bille tournée est bien préférable. La bille, une fois formée, est terminée au lapidaire, c'est-à-dire placée entre des plateaux à rainures tournant l'un sur l'autre et régularisant d'une façon parfaite la forme de cette dernière; après quoi la bille est trempée à l'huile, la matière étant de l'acier au creuset, c'est-à-dire une matière extrêmement carburée et qui risquerait d'éclater avec une trempe trop sèche.

Les différentes qualités que livrent les fabricants dépendent surtout du calibrage et de la forme absolument sphérique. En d'autres termes, ils ont des outils pour jauger leurs billes, et classent les choix parmi les résultats donnés par ce jaugeage.

Appareil de transmission. — L'appareil de transmission se compose du pédalier qui, par l'impulsion des jambes sur les manivelles, transmet le mouvement à la roue arrière par l'intermédiaire d'une chaîne ou de pignons d'angles.

Ayant fait plus haut la description des mouvements du pédalier, nous n'y reviendrons pas.

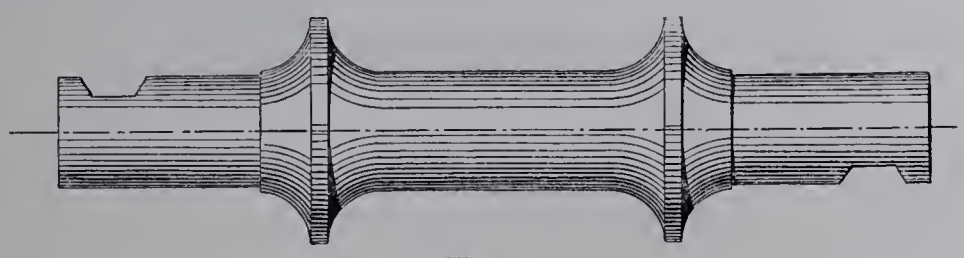


Fig. 5.

Les manivelles se font généralement en acier forgé; certaines maisons de second ordre ont quelquefois l'audace de les faire en fonte. Ces manivelles sont fixées à l'axe soit par des clavettes en écharpe (fig. 5), procédé très solide et très économique, soit

que les bouts d'axe portent des parties coniques en triangle ou en six-pans (fig. 6) où la manivelle vient se bloquer par l'intermédiaire d'un écrou conique; soit encore au moyen

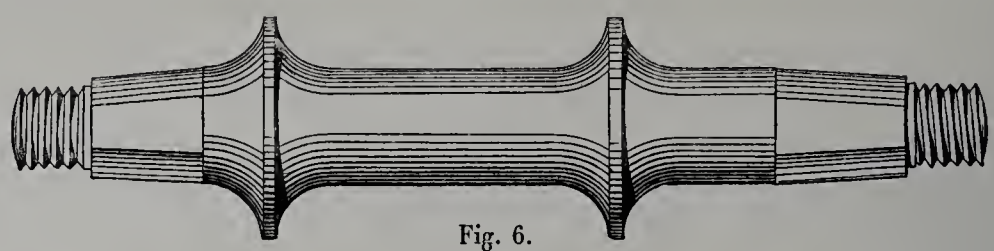


Fig. 6.

d'un axe excentrique (fig. 7), système très ingénieux imaginé par la maison Onfray, qui l'a exposé avec succès.

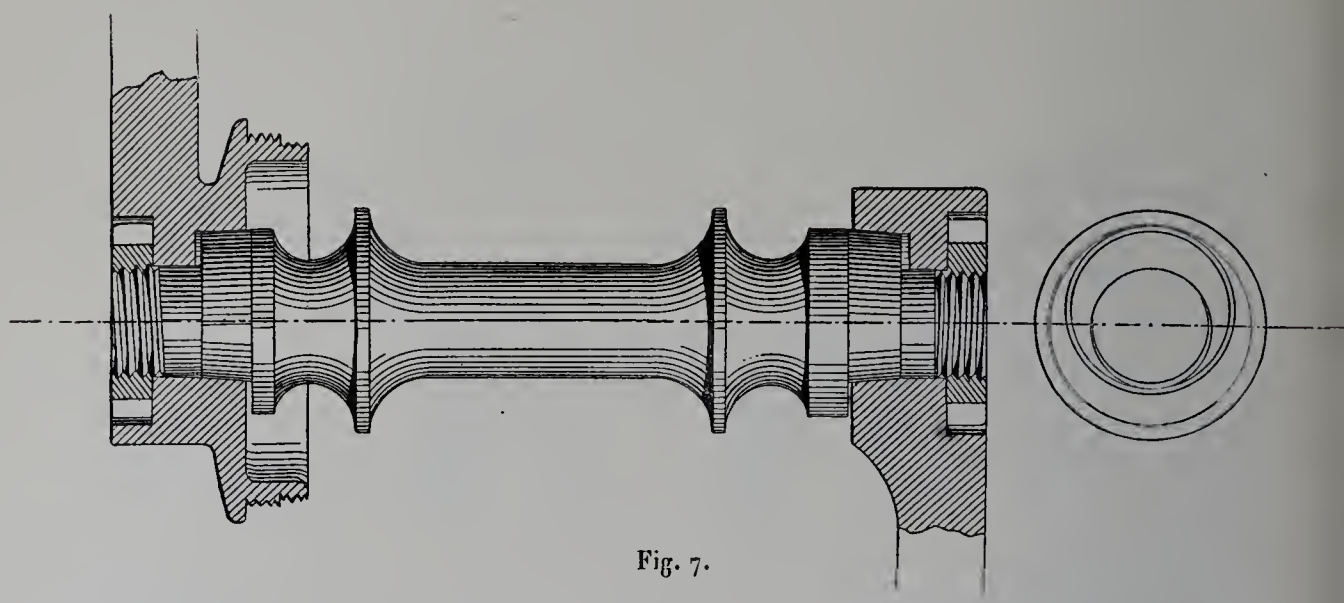


Fig. 7.

La longueur des manivelles varie entre 16 et 18 centimètres, suivant la hauteur du cadre; elles portent à leur extrémité les pédales.

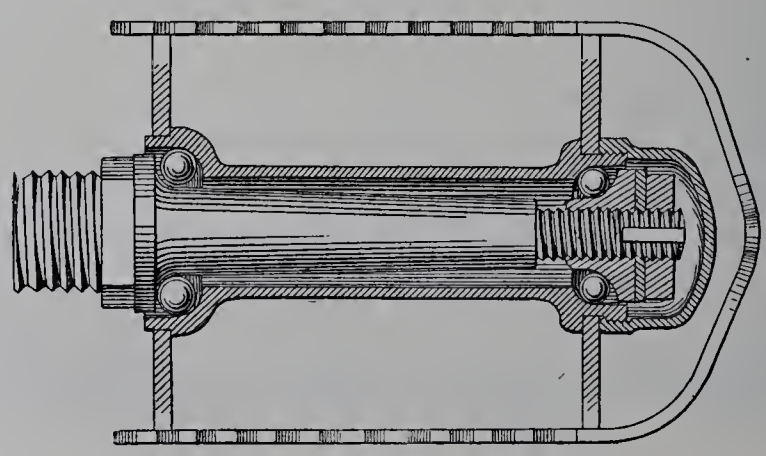


Fig. 8.

Les pédales se font de différentes façons, suivant qu'il s'agit de la pédale de luxe ou de la pédale bon marché. La pédale de luxe se traite exactement comme un corps de moyeu, c'est-à-dire qu'elle est décolletée dans la masse (fig. 8). Dans la pédale bon

marché, au contraire, le corps de pédale est constitué par un bout de tube, aux deux extrémités duquel sont chassées des cuvettes embouties (fig. 9).

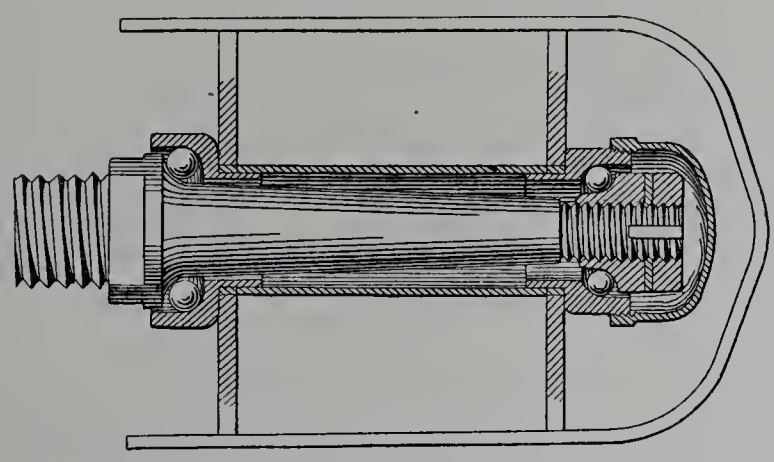


Fig. 9.

Les pédales se font à caoutchouc ou à scies, suivant qu'il s'agit d'une machine de touriste ou d'une machine de course. La roue dentée du pédalier se fait de différentes façons. Dans la machine à bon marché, on se contente de la découper dans une tôle, ce qui lui laisse une épaisseur uniforme partout. Dans la machine de luxe, au contraire, le pignon est forgé de façon à ménager des parties épaisses là où la rigidité et la résistance doivent être spécialement fortes, c'est-à-dire à l'endroit de l'appui de la chaîne et à l'endroit du fixage sur la manivelle.

Certaines maisons emploient la fonte pour les pignons, mais ce n'est pas à recommander et il n'est pas bien sûr que ces maisons y trouvent une économie, étant donnés les rebuts considérables qu'elles doivent trouver en cours de fabrication sous forme de soufflures.

Fixage de la roue dentée sur l'axe. — Certains fabricants rivent ou brasent la roue dentée sur un repos de l'axe, mais ce procédé est de plus en plus abandonné, car il a comme inconvénient de rendre impossible le changement de multiplication de sa machine par le remplacement d'un pignon d'un autre nombre de dents.

Le procédé le plus employé consiste à visser ces pignons par leur centre sur les manivelles; un contre-écrou d'un pas inverse assure le blocage de la roue.

Les diamètres des pignons sont étudiés de façon à donner des développements à la machine variant de 4 à 8 mètres.

La chaîne. — La chaîne n'est généralement pas fabriquée par le constructeur de cycles, qui se la fournit chez des spécialistes. La maison Peugeot fait exception à cette règle, et non seulement fabrique elle-même ses chaînes, mais en approvisionne beaucoup de gros fabricants et en vend de grandes quantités à l'exportation.

Parmi les manufactures de chaînes ayant exposé, nous citerons la maison Comte, Blanchard, Raffere, et quelques maisons anglaises parmi lesquelles les noms de Brampton, Perry et Eaddy.

La chaîne se fait à maillons plats (fig. 10), à simples ou à doubles rouleaux (fig. 11), suivant qu'elle s'emploie pour machines de piste ou de route.

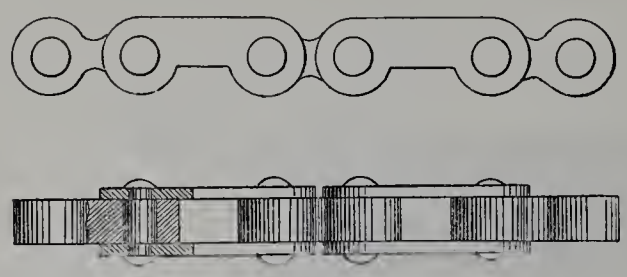


Fig. 10.

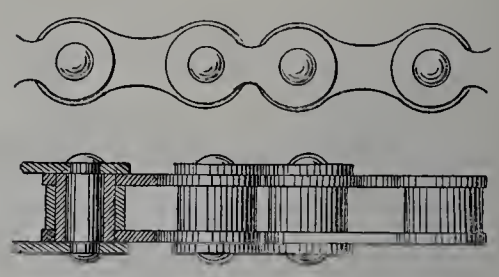


Fig. 11.

La chaîne à maillons plats est préférée pour les machines de piste, à cause de son poids plus léger, et cette chaîne ne fonctionnant que sur un terrain propre, l'encrassement est nul, tandis que pour les machines de route qui, vu la vulgarisation de la bicyclette, doivent sortir par tous les temps et par des terrains détrempés ou poussiéreux, l'emploi de cette chaîne a été abandonné depuis quelques années et remplacé par la chaîne à simples ou à doubles rouleaux qui s'encrasse beaucoup moins, et par conséquent donne une marche plus douce à la machine.

La chaîne à simples rouleaux ne se fait guère que pour un pas réduit, 18 millimètres comme l'emploie la maison Clément. Chez presque tous les autres constructeurs on a gardé le pas du pouce anglais, 25 millim. 4, beaucoup à cause de la facilité, vu la grande production de ces chaînes, de pouvoir, en cas de rupture de celle-ci en cours de route, trouver quelques maillons pour faire la réparation de suite.

La chaine à maillons plats est plus économique, et se compose d'une série de blocs percés de deux trous et réunis par des joues en tôle découpée, rivés à celle-ci. Ces blocs sont pris dans une barre d'acier profilée à la section voulue et sciée en travers pour obtenir la largeur de la chaîne.

Ces blocs, qui se logent dans l'intervalle des dents, sont cémentés et trempés pour donner une plus grande durée à la chaîne.

La chaîne à doubles rouleaux est ainsi appelée parce qu'au lieu d'un bloc comme dans la chaîne précédente, elle se compose, dans la partie qui vient entre les dents du pignon, de deux rouleaux montés sur deux joues en tôle d'acier découpée et rivée avec celle-ci.

Ces portions de blocs à rouleaux sont réunies entre elles par d'autres joues découpées d'une longueur un peu plus grande nécessitée par le pas de la denture.

Les chaînes doivent être fabriquées avec beaucoup de soin et nécessitent des rouleaux et des maillons de bonne qualité et de diamètre et de longueur entre rivets parfaitement calibrés, pour arriver à un roulement parfait de celle-ci sur les pignons du pédalier et du moyeu arrière.

Cette régularité, dans la fabrication des chaînes, donne à la machine une transmission parfaite, sans à-coups, et une grande douceur de roulement.

Certains fabricants emploient des chaînes spéciales et une chaîne qui a été assez remarquée à l'Exposition est la chaîne Terrot qui est faite de telle façon qu'elle engrène dans des rouleaux au lieu d'engrener sur des dents.

Le moyeu d'arrière reçoit la chaîne par l'intermédiaire d'un pignon vissé sur le corps du moyeu. Ce pignon varie de 7 à 11 dents.

Nous avons remarqué à l'Exposition une tendance à augmenter le nombre de dents de ce pignon arrière. Si, en théorie, un pignon d'arrière un peu plus grand est avantageux au point de vue de l'enroulement de la chaîne, nous estimons, toutefois, qu'il n'est pas bon de dépasser 10 dents pour les raisons suivantes : on est obligé, dans ce cas, pour conserver la même multiplication, de faire un pignon d'avant trop grand et par conséquent peu rigide; et, d'autre part, d'allonger d'une façon exagérée la base du cadre, ce qui nuit à la rigidité de la machine.

Transmission par pignons d'angles. — Plusieurs essais de transmission ont été faits pour remplacer la chaîne, mais il n'y a qu'un système lancé par l'acatène Métropole, qui a réussi à se faire jour et a donné des résultats assez satisfaisants. C'est la transmission par engrenages coniques.

Depuis l'acatène Métropole, plusieurs maisons, dans ce même mode de transmission, ont présenté des dispositifs assez heureux, et nous citerons la sans-chaîne Columbia, la sans-chaîne Peugeot.

La proportion des machines de ce système vendues en France et à l'étranger est minime, en comparaison de celles avec transmission à chaîne. Cela tient à pas mal de considérations :

1° La transmission par engrenages coniques, tout en ayant certains avantages, dont le principal est d'avoir les organes à l'abri de la boue et de la poussière, ne donne pas un rendement aussi bon que la chaîne; l'arbre intermédiaire subissant des déformations par suite des trépidations de la route, modifie l'engrènement parfait de ses pignons extrêmes avec ceux du pédalier et de la roue motrice;

2° Le prix de revient de ce système qui est beaucoup plus grand, son bon fonctionnement nécessitant des engrenages parfaitement taillés, des roulements supplémentaires pour l'arbre de renvoi de mouvement et des réglages spéciaux pour l'engrènement presque mathématique de ces pignons;

3° La difficulté, en cas de déréglage, de remettre la transmission au point par le client lui-même.

L'impossibilité, en cas de rupture des dents de pignons, de pouvoir trouver à remplacer un pignon en cours de route, tandis qu'avec la transmission par chaîne, dans toute localité où se trouve un représentant de marque quelconque de bicyclettes, il est facile de trouver un ou deux maillons, ainsi que les rouleaux nécessaires pour remettre en état une chaîne rompue.

Jantes munies de bandages. — Le moyeu arrière dont nous avons donné la description plus haut, est relié à la jante par le moyen des rayons.

Les rayons sont généralement faits par des spécialistes. Habituellement on les fait renforcer aux deux bouts. Les épaisseurs courantes sont de 16/20 et 18/22.

On emploie, pour la fabrication, des aciers ayant une résistance moyenne, à la rupture, de 280 kilogrammes pour les 16/20 et de 315 kilogrammes pour les 18/22 et un allongement de 5 à 6 p. 100.

Ils sont fixés à la jante au moyen de tendeurs en laiton qui font vis de rappel et permettent le réglage de la roue par la tension régulière des rayons.

Jantes. — Les jantes sont de profils différents suivant le genre de pneumatique qui doit se monter sur celles-ci.

Quelques jantes sont montées à caoutchouc creux mais les plus généralement employées sont celles munies de pneumatiques, soit Dunlop, Continental, Lion, Michelin, etc.

De plus, dans le même modèle de pneumatiques, il se fait des jantes de profils différents suivant que l'enveloppe est montée à tringles ou à bourrelets formant talons d'agrafage.

Les jantes sont construites en acier laminé, étirées à la forme convenable au banc, roulées à la dimension voulue, et brasées.

Peu de constructeurs de bicyclettes font eux-mêmes leurs jantes, et la maison Peugeot, tout en fabriquant celles qui lui sont nécessaires pour sa fabrication de bicyclettes, fournit des jantes à beaucoup de fabricants français et étrangers.

Les dimensions principalement adoptées pour les jantes à pneumatiques, pour les bicyclettes, sont pour le diamètre de roues montées de 700 et 650 millimètres, et d'une largeur de 32 à 50 millimètres, suivant que le pneumatique doit rouler sur piste ou sur route.

Bandages. — Les premiers vélocipèdes roulaient directement sur la jante qui était traitée à la façon des jantes de voitures. Puis vint l'emploi du caoutchouc plein, collé sur une jante en forme de V.

Pour arriver à réduire les trépidations, on fut amené peu à peu au caoutchouc creux, c'est-à-dire un caoutchouc d'un diamètre total de 30 à 32 millimètres percé d'un trou de 7 à 8 millimètres, mais l'on peut dire que ce n'est qu'avec le pneumatique que la bicyclette commença à atteindre son plein développement, à cause des avantages multiples que présente ce genre de bandage.

Le caoutchouc pneumatique, comme son nom l'indique, est un bandage dans lequel on introduit de l'air comprimé. Il se compose d'une chambre à air que l'on gonfle au moyen d'une valve, cette chambre à air est entourée d'une enveloppe qui la fixe à la jante et lui permet de supporter une forte pression sans éclater.

Le premier pneumatique fut fabriqué par Dunlop, un vétérinaire de Dublin, vers 1889 ou 1890. Ce bandage, d'une fabrication compliquée, était collé à la jante au moyen de bandelettes et faisait corps avec elle, ce qui offrait pour les réparations de très grandes difficultés. D'autre part, le prix de revient élevé était une entrave sérieuse pour le développement de ce bandage.

Vers la même époque, d'autres maisons travaillaient également la question du pneu-

matique et Michelin imaginait son fameux pneumatique démontable, avec jantes plates en U et tringles carrées fixées par de petits poulets; de sorte que l'on a pu dire que le pneumatique Michelin est le père des démontables. Dans le pneumatique Michelin, l'enveloppe était terminée par un gros bourrelet qui entrait dans la jante et sur laquelle on posait alors ces tringles en U qui sont fixées par des poulets.

Quelques années plus tard la Société Dunlop, devant les inconvénients de son bandage collé, substitua à ce dernier un bandage démontable dans lequel l'enveloppe, au lieu d'être collée à la jante, y était simplement appuyée par la pression de l'air, au moyen de tringles d'un diamètre supérieur au fond de la jante et inférieur à sa partie extérieure, de façon à permettre le montage, tout en empêchant la tringle, une fois le montage effectué, de sortir de la jante sous la pression de l'air.

Presque en même temps paraissait également sur le marché le pneumatique Nivet, dans lequel la tringle au lieu d'être ronde comme dans le Dunlop, est plate et a la conicité désirable pour adhérer parfaitement au profil de la jante.

Vers la même époque apparaît également le pneumatique Torrilhon, dans lequel la tringle est remplacée par un bourrelet vulcanisé avec l'enveloppe et tenant à la jante par la pression de l'air.

Nous citerons également pour mémoire le pneumatique allemand Continental qui, également à talons, est fait de façon à ce que les talons se croisant, les têtes de rayons ne peuvent pas venir blesser la chambre à air.

Cependant la Compagnie Dunlop, qui prétendait avoir le monopole du pneumatique, tant au point de vue du principe même de la chambre à air que du mode de fixage de l'enveloppe par la jante, faisait saisir tous les pneumatiques concurrents et cherchait, en intimidant tout le monde, à s'assurer le monopole de cette fabrication. C'est en 1897 seulement que se termina un procès retentissant qui, en fin de compte, donna tort à la Compagnie Dunlop et fit tomber le pneumatique dans le domaine public, en prouvant :

1° Qu'un brevet, dit brevet Thompson, pris en 1848, avait déjà revendiqué pour toute espèce de bandages, le principe d'une chambre à air;

2° Que le brevet Robertson, acheté par la Dunlop, et revendiquant l'emploi de la tringle comme mode de fixage, n'était pas valable :

1° Parce qu'il y avait une antériorité dans le brevet Trigwell:

2° Parce qu'il n'avait pas été exploité dans les délais légaux.

On peut dire qu'avec le pneumatique commence une ère nouvelle pour la vélocipédie, car outre le très grand confort que cette innovation apporta à la bicyclette, elle permit d'employer des machines plus légères, et, en atténuant les trépidations, les rendit en même temps plus durables.

Le prix de vente du pneumatique, exorbitant au début, alors qu'il se vendait couramment 150 francs la paire, est tombé maintenant dans des proportions considérables, et l'on peut avoir une paire de pneumatiques de première qualité dans les prix de 40 francs.

Comme on a pu le voir par ce qui précède, le pneumatique se divise en deux catégories : le pneumatique à tringles et le pneumatique à talons. L'un et l'autre ont leurs avantages et leurs inconvénients.

Si le pneumatique à talons est d'un démontage plus facile, il offre l'inconvénient de se déformer plus facilement et par conséquent de risquer de sortir de la jante. Le pneumatique à tringles est un peu plus dur à monter, mais il se déforme moins.

Un point très important dans la fabrication du pneumatique, est l'entoilage de l'enveloppe. Cet entoilage peut se faire de plusieurs façons et avoir plusieurs épaisseurs de toile, suivant le degré de résistance que l'on veut obtenir. La toile s'emploie soit en tissu croisé ordinaire, soit en tissu dénommé « toile fil biais », dans lequel la toile n'est pas croisée, et le fil roulé dans un seul sens.

L'avantage de la toile croisée est de rendre les réparations très faciles ; l'avantage de la toile fil biais est de rendre le bandage beaucoup plus rigide dans son contact avec le sol, et par conséquent de fournir une marche plus rapide et plus adhérente sur un sol glissant.

Nous dirons, pour terminer, que l'on emploie encore un pneumatique appelé Single-Tube, pour les machines des coureurs. Ce pneumatique est un simple boudin avec une valve, gonflé comme une chambre à air, mais entoilé et plus épais. Il ne peut être employé que sur des pistes et ne peut pas se réparer.

La question de la valve a aussi une très grande importance, et on a beaucoup tâtonné avant d'arriver à une valve parfaitement étanche.

La valve Dunlop est excellente, mais a comme inconvénient de gonfler très lentement. La valve Sclaverand, munie d'un petit cône métallique, tout en étant absolument étanche, permet de gonfler rapidement le pneumatique, et c'est elle qui est généralement la plus employée par tous les fabricants.

Dans la valve Michelin, le cône en caoutchouc, qui fonctionne très bien quand il est neuf, se sèche quelquefois et se colle.

On livre toujours avec une bicyclette la pompe et un petit nécessaire de réparation contenant un tube rempli de sulfure de carbone, et de petits morceaux de caoutchouc.

On a beaucoup cherché à rendre les chambres à air increvables. Nous citerons pour mémoire la fameuse chambre à air Torrilhon, garnie de lamelles ayant comme but de venir automatiquement se coller sur la partie percée. Nous citerons aussi des chambres à air garnies d'une couche de caoutchouc mou, destinée, en cas de crevaison, à se refermer d'elle-même à la suite de la perforation.

On a aussi imaginé des obturateurs, c'est-à-dire des matières diverses qui doivent, injectées dans la chambre à air, réparer instantanément, ou prévenir même les crevaisons ; mais de toutes ces inventions, plus ou moins heureuses, aucune n'a donné des résultats satisfaisants, et, actuellement, le but cherché est trouvé : c'est d'avoir une chambre à air facilement démontable, et par conséquent facilement réparable.

L'exposition de pneumatiques la plus remarquée a été sans contredit celle de Michelin, qui, outre son pneumatique pour bicyclette, qui est de premier ordre, est le premier qui ait su faire le pneumatique de voiture et qui, dans cette dernière spécialité, fournit les neuf dixièmes des fabricants d'automobiles.

Organes secondaires. — *Selle.* — Nous citerons en premier lieu la selle. On a beaucoup travaillé cette question, et en ce moment les selles se divisent en deux catégories bien tranchées : les selles souples dans lesquelles l'enfourchure entre à fond, et les selles à coussins dans lesquelles le poids du corps repose uniquement sur les ischions.

Ces dernières, qui paraissent confortables au début, sont beaucoup plus hygiéniques et sont recommandées par tous les médecins. Nous citerons, parmi les selles dites *hygiéniques,* en première ligne la selle Christy. La maison Lamplugh, dont les selles ont été très remarquées à l'Exposition, a aussi fait, entre autres modèles, une selle rigide à coussins, sans bec.

Jusqu'à ces dernières années, les Anglais avaient le monopole des cuirs indéformables, tout en étant souples, mais l'industrie française paraît avoir fait de grands progrès de ce côté et diverses maisons françaises ont exposé des cuirs pouvant largement soutenir la comparaison avec les anglais; ce sont les maisons Derangeon, Rossel, Gauthier, et autres.

Les armatures des selles varient suivant qu'on cherche à avoir une selle particulièrement élastique ou qu'on cherche plutôt une selle rigide. Dans le premier cas, on use de ressorts à boudins, montés quelquefois même sur des leviers; dans l'autre cas, les fils d'acier servent simplement d'intermédiaire entre le support et le cuir.

Freins. — Un accessoire d'une haute importance, dans la bicyclette, est assurément le frein, car de lui dépend, dans bien des cas, la vie du cycliste.

Le frein le plus généralement employé est celui qui, actionné au moyen d'un levier, agit par l'intermédiaire d'un sabot sur le bandage de la roue d'avant. Ce frein, bien qu'il soit universellement employé, offre de nombreux inconvénients. Son action sur la roue avant peut, dans certains cas, provoquant un arrêt brusque, jeter le cycliste en avant; il détériore le bandage si on n'a pas soin, dans des côtes un peu longues, de le lâcher de temps en temps. En cas de crevaison de pneumatique, il perd toute son efficacité.

Pour de longues descentes, le frein sur jante paraît incontestablement être le meilleur, à condition que la jante soit très régulière de profil et que les parties frottantes du frein soient suffisamment longues pour provoquer le minimum d'échauffement possible.

Ce frein peut être commandé de bien des façons, soit par la main, soit en contre-pédalant.

Le frein à tambour est également employé avantageusement, mais pour être tout à fait utile, il nécessite un grand diamètre.

Un concours de freins tout récent[1], organisé par le Touring-Club, entre Grenoble et Chambéry, nous permet de dire que les seuls freins sur jante, dont il a été parlé plus haut, ont pu résister à des parcours très accidentés. Toutes les grandes maisons en avaient d'ailleurs exposé à la Classe 30, et il paraît être maintenant le plus demandé pour la machine de tourisme.

Roue libre. — Les questions du frein et de la roue libre sont intimement liées car, pour que la roue libre soit réellement pratique, il faut qu'elle soit munie d'un frein très énergique.

Les maisons Peugeot, Clément, Rochet, Richard, etc. ont exposé divers systèmes de roue libre, tous plus ou moins intéressants, mais le principe de la roue libre est toujours le même : il consiste en un moyeu muni de cliquets ou de rampes, disposés de façon que, en pédalant en avant, on puisse actionner la machine; si l'on cesse de pédaler, la machine continue son mouvement par la force acquise, le cavalier restant les jambes immobiles; si, par contre, le cavalier imprime à ses pédales un mouvement rétrograde, la roue libre actionne un frein qui bloque la machine plus ou moins énergiquement.

La vogue de la roue libre est très grande en ce moment, mais en somme, elle a l'inconvénient possible d'un blocage brusque dans une descente, alors que le cavalier a les pieds sur les pédales et peut, de ce fait, être violemment projeté sur le sol. En marche normale, une roue libre entraîne, en outre, des frottements inévitables qui nuisent à la douceur du roulement de la machine.

Changements de vitesse. — Depuis plusieurs années, la bicyclette étant devenue un objet d'utilité que l'on rencontre aussi bien dans les mains de jeunes gens que dans celles de gens âgés, les constructeurs ont cherché à rendre cette machine plus pratique en lui appliquant un changement de vitesse pour permettre au cavalier, avec le même effort qu'en plaine, la possibilité de monter certaines côtes très dures.

Les premiers essais ne furent pas très heureux; presque tous les systèmes employés à cette époque furent basés sur le principe des satellites, tantôt bloqués avec la couronne dentée du moyeu arrière, donnant la grande vitesse, ou tantôt fous sur des axes fixés au moyeu et engrenant avec une denture intérieure du pignon de chaîne, ce qui procure une démultiplication sur la vitesse précédente.

Plusieurs systèmes de ce genre furent essayés, mais la difficulté de passer d'une vitesse à l'autre en marche, les frottements ajoutés à la transmission en petite vitesse et la fragilité de ces pignons satellites furent cause de la non-réussite de ces appareils.

Il y a trois ans, un nouveau dispositif de bicyclette à deux vitesses fut lancé avec succès par la maison Peugeot, et depuis cette époque la vente ascendante de cet appa-

[1] 18 août 1901.

reil fut continue. A l'Exposition, plusieurs machines munies de cet appareil furent exposées et très regardées.

Les deux multiplications sont obtenues dans ce système par un moyeu arrière spécial. (Voir figures 1, 2 et 3 que nous allons décrire.)

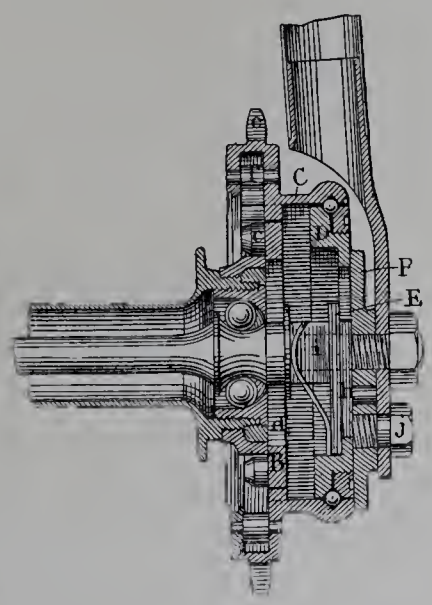


Fig. 1

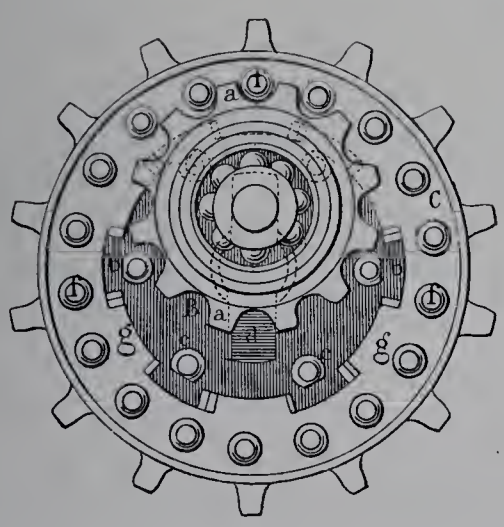


Fig. 2.

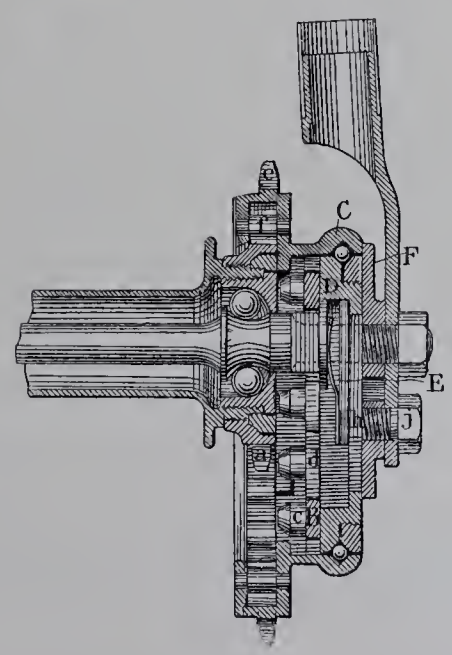


Fig. 3.

Le moyeu arrière est semblable à un moyeu ordinaire et porte un pignon (a) calé sur celui-ci et muni d'une denture d'un tracé spécial établi pour engrener avec une couronne de rouleaux. Sur l'axe, et porté par un plateau de roulement à billes (D), se trouve une couronne double (C), dentée extérieurement pour recevoir la chaîne en portant intérieurement une couronne de rouleaux (f) devant engrener à la position de grande vitesse avec le pignon du moyeu.

Cette couronne porte en outre des adents fixes à rampes (g). Elle peut avoir un

mouvement vertical de descente et de montée suivant sa glissière (h) percée dans le plateau de roulement.

Un plateau à chevilles (b) portant des adents (b) sur le pourtour extérieur semblables à ceux de la couronne double, peut aussi monter ou descendre verticalement, avec les plats de l'axe, au moyen de la glissière (d). Une excentrique (E), bloquée sur l'axe, porte les plats (i) formant coulisseau pour le plateau à chevilles et une languette (h) extérieure servant de guide à la couronne double dentée.

Le moyeu étant à la position de petite vitesse (fig. 1), c'est-à-dire le plateau à chevilles en prise avec les dents du pignon du moyeu et les adents extérieurs en contact avec ceux de la couronne double, l'action de la chaîne sur la couronne double entraîne tout l'appareil à une vitesse égale à celle que l'on obtiendrait avec un pignon d'un même nombre de dents que la couronne double, calé directement sur le moyeu, car les trois pièces : pignon du moyeu, plateau à chevilles et couronne double, sont immobilisées ensemble.

Pour passer à la grande vitesse, il suffit de marquer un temps d'arrêt à la chaîne au moyen des pédales; ce retard force le plateau à chevilles, par l'intermédiaire des plans inclinés des adents, à se reculer en arrière, dans la couronne double, et en agissant sur un levier convenablement disposé, tout l'appareil, couronne double et plateau à chevilles, glisse vers le bas par leur rainure centrale sur les plats du plateau de roulement et de l'excentrique, jusqu'à ce que les rouleaux de la couronne double viennent en prise avec les dents du petit pignon du moyeu. Un verrou placé extérieurement assure l'immobilité de l'appareil à cette position (fig. 2 et 3).

L'action de la chaîne sur la couronne dentée imprime au moyeu une vitesse rendue plus grande d'une quantité égale à la proportion existant entre le nombre de rouleaux de la couronne et le nombre de dents du pignon.

Si, comme dans l'appareil exposé par la maison Peugeot, le nombre des rouleaux est 18 et le nombre de dents du petit pignon 12, on obtient une augmentation de vitesse sur celle de la position précédente, égale à $\frac{18}{12} = \frac{2}{3}$.

Les différentes multiplications qui peuvent être demandées par les clients, s'obtiennent par le changement de la roue dentée du pédalier, tout en conservant toujours le même appareil de moyeu et, par conséquent, les mêmes proportions entre les deux vitesses.

Ce nouveau dispositif appliqué, comme nous le disions plus haut, aux bicyclettes de la marque Peugeot, est de plus en plus demandé et l'on peut dire, sans crainte d'erreur, que ce système à deux vitesses sera la machine de l'avenir.

La maison Clément a exposé un changement de vitesse établi dans un principe identique à celui énoncé plus haut, c'est-à-dire par satellites. La disposition adoptée a été très heureuse au point de vue du peu d'encombrement de cet appareil et de la commande du changement de vitesse, qui s'opère d'une façon très facile et sans aucune hésitation.

La seule objection que l'on pourrait faire à ce système, c'est que la différence entre les deux multiplications n'est pas assez grande et que l'on serait obligé, si l'on veut faire l'ascension de toutes les côtes se présentant dans un voyage, de prendre une grande vitesse un peu réduite.

Nous citerons aussi le changement de vitesse présenté par les cycles Hirondelle, de Saint-Étienne, qui est composé d'un mouvement de chaîne double, dans lequel on rend l'une des vitesses folle quand on se sert de l'autre, et *vice versa*. La simplicité du moyeu arrière en est plus grande, mais cela oblige à avoir deux chaînes, ce qui alourdit la machine et la rend moins gracieuse.

Plusieurs autres dispositions ont été essayées, mais sans grand succès, et nous citerons pour mémoire la bicyclette à une seule chaîne avec deux roues dentées au pédalier et deux pignons au moyeu, déterminés de telle sorte qu'il suffise de transporter la chaîne des pignons du dehors sur ceux du dedans. Ce système oblige le cavalier à descendre de machine pour opérer ce changement.

Accessoires divers. — Parmi les accessoires les plus importants, nous citerons les lanternes, les sacoches, les jeux de clés pour le réglage des machines, les divers avertisseurs, les pompes à air et les burettes de graissage.

A part les clés qui sont fabriquées généralement par le constructeur de cycles, tous ces autres accessoires sont pris chez des spécialistes.

Parmi les fabricants de lanternes, nous citerons en première ligne la maison Ducellier, qui fournit de lanternes toutes les grosses maisons de cycles. Sans entrer dans des détails, nous dirons simplement que les modèles de cette maison sont copiés par la plupart des fabricants de lanternes, et que pour la lanterne de voiture et d'automobile, elle vient également en première ligne.

Citons également la maison Boas et Rodrigue, ces deux maisons fournissant la presque totalité des lanternes de choix.

Un des principaux fabricants de pompes est la maison Sclaverand, la maison Vauzelle et Morel en fournit également de grandes quantités.

Fabrication. — On distingue, dans la fabrication, l'usinage des pièces et le montage des cadres.

Dans l'usinage des pièces, la France a été assez en retard jusqu'à ces dernières années, et il n'y a que sept ou huit ans que les gros fabricants français, à la suite de différents voyages en Amérique, se sont rendu compte de ce qu'il fallait pour pouvoir fabriquer vraiment en grand et industriellement la bicyclette.

Les mains-d'œuvre d'usinage des pièces de bicyclette sont de quatre espèces : perçage, fraisage, décolletage, tournage.

Un outillage perfectionné et en particulier l'emploi de machines automatiques, nécessitant une mise de fonds considérable, ne peut être possible que si le fabricant a un très grand débouché.

IMPRIMERIE NATIONALE

Les principales maisons de machines-outils américaines qui se sont lancées dans l'étude spéciale de l'outillage pour cycles, sont les maisons Brown et Scharpe, Pratt et Whitney Prentice, Gisholt, Cleveland, etc. La très intéressante exposition de la maison Fenwick à Vincennes, qui représente les principales marques américaines, a donné un aperçu très complet de cet outillage en marche.

Tous les roulements, cônes, cuvettes d'une bicyclette peuvent être faits automatiquement, ce qui permet à un ouvrier de mener un nombre presque indéfini de machines, ces dernières s'alimentant automatiquement, soit au moyen d'un magasin si l'on emploie des unités forgées, soit par l'avance automatique d'une barre, si on décollète dans la barre. Ce dernier procédé est d'ailleurs de beaucoup le plus employé.

La grande difficulté de l'emploi des machines automatiques réside dans la régularité parfaite de la matière, car la machine marchant à une vitesse uniforme, son bon fonctionnement n'est assuré que si la matière a une dureté également uniforme.

Ces machines nécessitent également un graissage abondant pour éviter l'échauffement des outils. Cette huile est distribuée automatiquement par une pompe attelée sur le tour, et coule à flots sur la pièce travaillée. Il n'y a d'ailleurs que peu de perte, attendu que tous les copeaux sont mis dans une essoreuse à force centrifuge qui les dessèche complètement et rend toute l'huile qu'ils contenaient.

Les corps de moyeux se décollètent au moyen de couteaux (fig. 12) ayant le profil du

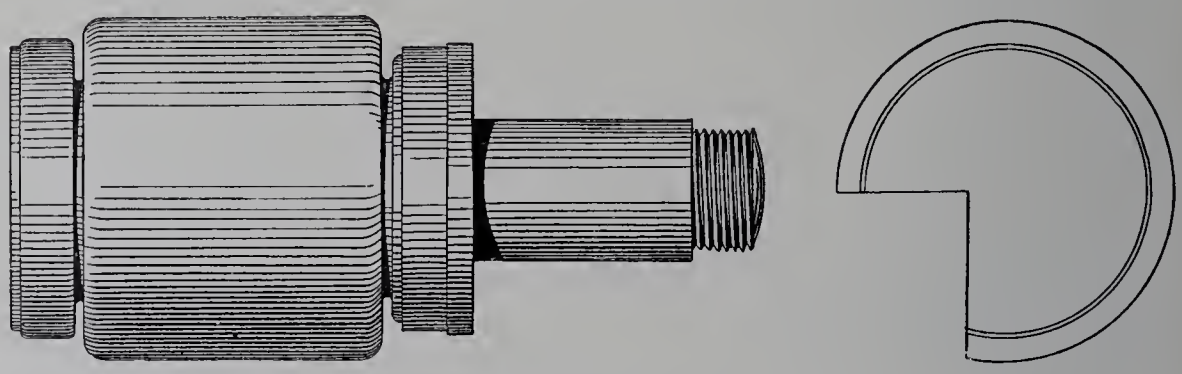


Fig. 12.

moyeu et avançant sur celui-ci tandis que la barre tourne. Ces couteaux sont disposés de telle façon qu'ils peuvent s'affuter jusqu'à usure complète sans déformation du profil. Cette particularité se retrouve également dans la fraise américaine, dont l'affutage se fait également sur une surface plane, ce qui évite toute déformation et assure un long usage.

Comme mains-d'œuvre pouvant être effectuées avec une grande rapidité, nous parlerons également des fraisages. Avec des fraiseuses de grandes dimensions, on peut utiliser une double fraise sur le même arbre, qui fait les deux côtés de la dent, et en mettant sur un même mandrin de 25 à 30 pignons, soit d'avant, soit d'arrière, on arrive à denter d'une façon parfaite et à très bon compte une grande quantité de pignons.

Les fraiseuses Brown et Scharpe sont incontestablement les meilleurs outils pour ce genre de travail.

On peut également les utiliser pour fraiser le plat des manivelles, et au moyen d'une grande fraise cylindrique, on arrive à planer, en une seule passe, jusqu'à 25 ou 30 manivelles. Les profils de ces dernières se font au moyen de tours à copier qui assurent un travail absolument régulier et ne nécessitant de la part de l'ouvrier aucune connaissance spéciale.

Par le même procédé de tours à copier, est repassé l'intérieur des à-jours des pignons.

Nous citerons encore comme machines spéciales américaines, des tours automatiques qui font l'axe de pédale entièrement fini, conique et fileté aux deux bouts.

Certaines maisons emploient, pour tourner la nervure périphérique et le corps de moyeu des grands pignons avant, de grandes fraises de forme, montées sur des tours spéciaux. Ces fraises à couteaux taillés de façon à prendre tout le profil et à laisser dégorger les copeaux, sont mobiles tandis que les roues à travailler tournent. On arrive ainsi à une production énorme d'un prix de revient très bas, mais ce genre d'outillage est très coûteux et nécessite beaucoup de force motrice; seules les grosses maisons peuvent s'offrir des mains-d'œuvre de ce genre.

Nous citerons également comme machines spécialement destinées aux vélocipèdes, une perceuse à forets convergents, permettant de forcer simultanément tous les tenons d'un pédalier.

Le perçage des trous de rayons dans le moyeu s'obtient avec une grande rapidité au moyen de machines spéciales à forets multiples montés sur joints à la Cardan et à écartement variable, qui permettent à un homme de percer facilement les trous de rayons de 100 moyeux par jour.

De même que les cônes et les cuvettes, toute la visserie peut se faire sur des tours automatiques.

Les maisons françaises les mieux outillées dans cet ordre de machines perfectionnées sont sans contredit: la maison Clément, dont l'usine de Levallois est un véritable modèle; la maison Peugeot, qui possède dans ses usines de Beaulieu toutes les dernières nouveautés et qui crée, elle-même, chaque jour, des types de machines-outils; la maison Darracq, avec son usine *Perfecta*.

Montage. — Pour arriver à un montage rapide et économique, il est indispensable de fractionner le plus possible, d'où encore nécessité d'une grande production.

Une catégorie d'ouvriers s'occupent à enfiler les pièces d'assemblage dans les tubes, les goupillent, mettent le borax et le cuivre et les portent au brasage.

Le brasage, pour être expéditif et promptement fait, doit être fait au chalumeau; après quoi les cadres sont réglés par des spécialistes sur des marbres et des gabarits divers, puis sablés au jet, opération très rapide et très propre qui, une fois terminée, ne nécessite plus que quelques coups de lime pour enlever le cuivre autour des pièces d'assemblage.

Le montage des cadres ainsi fini, ils sont émaillés en les trempant dans des cuves

d'émail, à plusieurs couches suivant le degré de fini que l'on veut donner à la machine ; après avoir été égouttés, ils sont séchés dans des étuves de 175 à 200 degrés.

Les salles d'émaillage doivent être absolument exemptes de toute espèce de poussière, si l'on veut obtenir un émail parfait.

Quant au nickelage des pièces devant être nickelées, chacun connaît assez cette main-d'œuvre pour qu'il soit inutile d'y insister. Disons seulement que toutes les maisons sérieuses nickèlent sur cuivre, ce qui assure une beaucoup plus grande durée au nickel.

Nous ne parlerons que pour mémoire du réglage et du montage des roues, qui se font au moyen des écrous tendeurs.

Toutes ces opérations étant terminées, aboutissent au montage fini, qu'il est indispensable de confier à des ouvriers de choix.

En résumé, si l'on veut produire actuellement un bon marché et lutter avec la concurrence américaine surtout, qui paraît la plus redoutable, il est indispensable d'avoir un outillage perfectionné, mais cet outillage ne peut être rémunéré que par un très gros débit. D'où l'on peut tirer la conclusion que, seules, les deux ou trois plus grandes maisons de cycles de France pourront continuer à se développer et que les maisons médiocrement outillées sont fatalement appelées à disparaître.

COUP D'ŒIL D'ENSEMBLE SUR L'EXPOSITION DE CYCLES DANS LA CLASSE 30.

On peut conclure de l'examen des cycles de la Classe 30 que l'Exposition ne nous a rien amené de particulièrement nouveau.

Le type de la bicyclette est fixé depuis deux ou trois années déjà et les fabricants ne le modifient plus guère, car il paraît avoir atteint son maximum de légèreté, de rigidité et de solidité.

Si nous jetons un coup d'œil sur les fabricants français, nous noterons qu'après les grandes maisons Clément et Peugeot, hors concours, les marques les plus soignées et qui ont attiré l'attention du Jury, sont celles de la maison Georges Richard et de la maison Rochet, qui ont obtenu d'ailleurs, l'une et l'autre, la médaille d'or.

Ces deux maisons joignent à une production importante une fabrication extrêmement soignée, et, en particulier, les roulements de la maison Georges Richard, qui nous ont été expliqués en détail par M. Max Richard, ont excité vivement l'intérêt du Jury, autant par leur système perfectionné que par le fini irréprochable de leur exécution.

Nous dirons aussi que les acatènes fabriquées par la société la Métropole ont atteint un grand degré de perfectionnement et sont, dans ce genre de machines, avec la sans chaîne Columbia, ce qui se fait de mieux.

Dans la section étrangère, deux marques ont mérité le grand prix : la marque américaine Columbia, d'une part, et la marque allemande Wanderer, de l'autre. Ces maisons, en effet, joignent à une fabrication irréprochable une production énorme.

Comme maisons françaises, seules les maisons Peugeot et Clément peuvent rivaliser, comme production et comme fini, avec les maisons citées plus haut.

Nous parlerons aussi de l'exposition très intéressante du fameux trust américain : la American Bicycle Company, société montée à un capital formidable et englobant les principales usines de cycles des États-Unis, pour en centraliser la vente et chercher à être maîtresse du marché vélocipédique non seulement aux États-Unis, mais sur le continent.

Cette Compagnie cherche à conquérir le marché français et ne recule devant aucun sacrifice de publicité pour arriver à ce résultat. Si l'on ajoute à cela que le principe de ce trust est, tout en maintenant les prix en Amérique, de vendre la surproduction à n'importe quel prix sur le Continent pour faire travailler son outillage et payer ses frais généraux, nous pouvons en conclure qu'il y a là un point noir à l'horizon pour la fabrication française qui ne lutte pas à armes égales, les droits étant absolument disproportionnés (250 francs les 100 kilogrammes pour entrer des machines américaines en France, et 45 p. o/o *ad valorem* du prix de facture, pour entrer des machines françaises en Amérique, ce qui fait d'une part : 35 francs par bicyclette, et d'autre part : 135 francs).

Les chambres syndicales du cycle ont vainement cherché à obtenir un tarif d'égalité ; les pouvoirs publics n'ont pu, jusqu'à présent, nous donner satisfaction.

Malgré cela les gros fabricants français pensent pouvoir soutenir la lutte, car un des gros inconvénients dans l'emploi des machines étrangères, surtout quand elles viennent d'aussi loin, réside dans le remplacement de la moindre pièce, qu'on ne peut obtenir qu'en attendant des semaines, et souvent des mois, ce qui, dans bien des cas, décide le client à s'approvisionner de préférence en France.

Les Allemands ont également adopté l'outillage américain, et ont en plus la supériorité d'une main-d'œuvre très peu coûteuse, mais les machines allemandes sont généralement peu goûtées en France. On peut en dire autant pour les machines françaises en Allemagne, de sorte qu'il se fait relativement peu d'échange entre ces deux pays.

Quant à la concurrence anglaise, qui au début, était si redoutable que nous ne pouvions pas lui tenir tête, et que c'est l'Angleterre en somme qui, dans les premières années du cyclisme, nous a entièrement approvisionnés, on peut dire que cette concurrence n'existe plus. Les machines anglaises ne sont supérieures aux machines françaises à aucun point de vue, et les marques anglaises qui avaient des succursales en France sont obligées, l'une après l'autre, de renoncer à lutter sur notre marché avec les fabricants nationaux.

C. — TRICYCLES, MOTOCYCLES ET MOTEURS MÉCANIQUES.

Au moment des premiers succès de la bicyclette, les gens que tout effort embarrasse, pressés de suivre l'élan général vers la fine machine à pédales, répondaient : « J'irai là-dessus quand ça ira tout seul ».

Ça va tout seul aujourd'hui, mais ils ne vont pas dessus. Tardigrades ils sont, tardigrades ils restent.

Cette idée de se véhiculer sans effort sur deux ou trois roues n'est pas d'hier, mais, enfermée dans le cercle étroit d'un problème à résoudre, elle a préoccupé des mécaniciens avisés dès... 1882.

Dès 1882, MM. de Dion et Bouton essayaient un tricycle à vapeur sans trop de résultat; un autre suivait quelques années après marquant des progrès réels sur le premier.

En Allemagne, le premier véhicule de M. Daimler était un tricycle. Résultats douteux.

Le premier motocycle ayant réellement fonctionné est la bicyclette à moteur à pétrole Hildebrand et Wolfmuller, de Munich.

Elle apparaît vers 1895, un an après le concours de voitures automobiles du *Petit Journal*.

On la présente à Paris; une société en formation, sous la direction de deux personnalités vélocipédiques connues, MM. Duncan et Suberbie, décide de l'exploiter. La société ne réussit pas et la bicyclette Wolfmuller n'a pour résultat palpable que de préparer les esprits à l'idée du motocycle.

Dans la course de Paris-Bordeaux-Paris, en juin 1895, sont engagées des bicyclettes à moteur : la bicyclette Duncan et Suberbie, qui s'arrête à Angoulême, la bicyclette à pétrole Millet, la bicyclette à pétrole Briest frères qui, toutes deux, n'atteignent pas Orléans et la bicyclette à vapeur Marc Létang, qui ne part pas.

Si toutes ces bicyclettes à moteur échouent, le tricycle qui doit résoudre le problème s'est trouvé exposé en même temps qu'elles à la galerie Rapp avant le départ de la course. C'est un tout mignon tricycle pourvu d'un moteur à pétrole d'un demi-cheval de force.

Peu de temps après la course, on essaie au Vélodrome de la Seine une bicyclette à moteur électrique, la bicyclette Pingault, aïeule des tandems et triplettes à pétrole servant aujourd'hui à l'entraînement des coureurs cyclistes dans les courses de demi-fond.

L'année 1896 voit surgir un quasi motocycle, bien qu'on l'appelle voiturette; c'est la voiturette à trois roues de Léon Bollée, à moteur à pétrole horizontal à ailettes et à allumage par incandescence.

Le tricycle de Dion, à moteur de 3/4 de cheval, fait son apparition et se vend à un certain nombre d'exemplaires, tant et si bien qu'une première course de motocycles est organisée sur le parcours Paris-Mantes et retour (100 kilomètres). Le vainqueur, M. Chevallier, sur tricycle Michelin à moteur de Dion, couvre la distance en 4 heures 10 minutes. Du 25 à l'heure. Et l'on est enthousiasmé !

La première victoire sérieuse du motocycle, et qui l'impose à l'attention générale, est celle de la colossale épreuve de Paris-Marseille et retour, couruę en septembre 1896, par étapes, en 10 jours.

La voiturette Bollée disparaît dès la seconde étape, et dans les neuf premiers se comptent trois motocycles de Dion, dont l'un se classe troisième dans le classement gé-

néral, couvrant 1,728 kilomètres en 71 heures. La preuve est faite. Le motocycle est un instrument pratique.

Aussitôt diverses maisons de cycles, Gladiator, Clément, Humber, etc., construisent des motocycles à moteur de Dion. Le moteur de Dion d'un cheval de force remplace le 3/4 de cheval.

La course de Marseille-Nice, en janvier 1897, est une nouvelle victoire pour ces véhicules.

Le Vélo décide de créer un critérium annuel de motocycles. Le premier se court le 4 avril et est gagné par Viet, battant Charron d'une roue, couvrant les 100 kilomètres en 3 heures 9 minutes.

Ce sont les débuts du moteur de Dion de 1 cheval 1/4.

La bicyclette électrique Pingault, devenue tandem, puis triplette, arrive à atteindre la vitesse de 60 kilomètres à l'heure au Vélodrome de la Seine.

Nouvelle course : la Coupe des motocycles, organisée par la *France Automobile*. Cette fois le motocycle de Dion est mis en échec par la voiturette Bollée et la bicyclette à pétrole Wolfmuller.

Aux manœuvres de l'Est, se présente un chauffeur voituriste, M. Journu, et deux motocyclistes, MM. Marot et Rouxel. Le moteur de Dion se comporte fort bien.

Les courses se multiplient, la voiturette Bollée battant les motocycles dans Paris-Dieppe, Paris-Trouville, etc.

Mêmes luttes en 1898. La voiturette Bollée tient la tête, mais on finit par la mettre à part dans la catégorie voiturette, et dès lors les motocycles de Dion triomphent partout.

A ce moment, apparaît une bicyclette à moteur à pétrole, la Werner, bientôt suivie d'autres machines identiques, dites *motocyclettes*.

La lutte commence entre différentes marques de motocycles : Clément, Gladiator, Phébus, Marot-Gardon, etc., toutes avec moteur de Dion du nouveau type de 1 cheval 3/4.

La marque Phébus bat les motocycles de Dion dans Paris-Amsterdam, puis bat et rebat le record de l'heure.

Un second moteur entre en scène, le moteur Aster, qui enlève bon nombre de records au moteur de Dion, mais succombe en 1899, dans l'épreuve du Tour de France.

Le motocycle devient très répandu; malheureusement, on en fait un instrument de vitesse pure, sans songer à le perfectionner pendant deux ans. On lui fait atteindre des vitesses de 85 kilomètres à l'heure.

On revient à une plus sage conception des choses. Quelques maisons se sont attachées à construire un motocycle pourvu d'un changement de vitesse et d'un embrayage progressif.

Les maisons de Dion, Peugeot et Clément font aujourd'hui, sous forme de quadricycle, un instrument très pratique, peu sujet aux pannes des véhicules automobiles et

qui est, sans conteste, la plus agréable, la plus simple, la plus économique et la moins chère des automobiles à deux places.

Il est encore un bel avenir au motocycle sous toutes ses formes de tricycle ou quadricycle et surtout de motocyclette, cette dernière étant forcément la plus économique parce qu'individuelle et aussi plus facile à loger partout.

D. — INDUSTRIE ET COMMERCE.

Les exposants de cycles de la Classe 30 étaient au nombre de 96; les fabricants de motocycles, au nombre de 37.

En voici le nombre par nations :

CYCLES.	
France	35
États-Unis	30
Angleterre	9
Allemagne	7
Italie	6
Belgique	2
Suède	2
Danemark	1
Cuba	1
Hollande	1
Portugal	1
Suisse	1
TOTAL	96

MOTOCYCLES.	
France	28
Allemagne	3
États-Unis	2
Angleterre	2
Belgique	1
Suède	1
TOTAL	37

Ces deux tableaux appellent les considérations suivantes :

1° Pour les cycles, les États-Unis sont presque sur le même pied que la France et en tous cas, trois fois mieux représentés que l'Angleterre, alors que c'était l'inverse en 1889. On ne peut dire que le péril américain soit imaginaire;

2° Pour les motocycles, on remarque que la France, à elle seule, compte les 7/9 des exposants. C'est que le motocycle n'est pas suffisamment perfectionné par nous pour que MM. les étrangers daignent nous le copier et nous le renvoyer ensuite, grâce à nos excellents et paternels tarifs douaniers.

La situation du marché français, au point de vue de la concurrence des produits étrangers contre les produits nationaux, était déjà connue avant l'Exposition, mais cette dernière, qui a rapproché nos industriels et qui les a mis en face du défi audacieux à eux jeté par les Américains, a dessillé les yeux les plus prévenus.

La comparaison du nombre des exposants est déjà édifiante. Celle des chiffres de la statistique officielle des importations et exportations ne l'est pas moins.

Voici ce tableau de l'année 1892, époque où nos services de douane cataloguèrent

à part les vélocipèdes et les pièces détachées, jadis englobées avec la carrosserie jusqu'à 1889, les chiffres pour 1900 n'ayant pu nous être communiqués :

PAYS.	1892.		1893.		1894.		1895.	
	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Angleterre.....	622,671	21,136	478,197	24,272	641,601	50,639	559,830	33,840
Allemagne.....	31,458	18,429	49,777	36,567	44,966	30,406	54,043	27,505
Belgique.....	12,877	19,723	19,841	19,192	39,806	34,552	21,813	38,594
Espagne.....	//	//	//	//	//	//	//	51,121
Italie.....	//	41,193	//	55,391	//	104,310	//	95,481
Suisse.....	//	57,550	//	108,575	//	114,542	//	64,844
Algérie.....	//	12,596	//	18,537	//	31,705	//	27,853
Autres pays.....	5,873	26,394	9,783	52,705	20,944	78,834	33,142	52,214
TOTAUX.....	672,879	197,021	557,598	315,239	747,317	444,988	668,828	391,452

PAYS.	1896.		1897.		1898.		1899.	
	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Angleterre.....	394,802	65,850	252,954	77,002	156,711	86,061	101,826	87,160
Allemagne.....	59,289	59,263	61,202	93,262	75,288	124,333	68,742	124,962
Belgique.....	28,298	84,987	39,795	86,581	52,449	66,315	86,040	79,788
Espagne.....	//	69,617	//	60,514	//	//	//	33,279
Italie.....	//	72,152	//	71,102	7,462	42,005	7,626	45,905
Suisse.....	10,447	72,543	15,241	86,867	12,450	91,609	11,615	92,728
États-Unis.....	41,004	//	117,584	//	229,184	//	277,734	//
Répub. Argentine.	//	//	//	//	//	//	//	35,467
Algérie et Tunisie.	//	25,513	//	24,583	//	30,396	//	47,561
Autres pays.....	16,085	58,331	24,746	96,294	5,244	166,770	4,918	92,195
Colonies et Protectorats.....	269	14,945	485	18,336	617	16,699	633	28,053
TOTAUX.....	550,194	523,201	511,007	614,541	539,405	624,188	559,134	667,098

Il est à regretter de ne pas posséder cette statistique au moins depuis 1889, époque où les Anglais envahissaient le marché français.

L'année 1892 voit le triomphe des Anglais avec une importation chez nous de 622,671 kilogrammes de cycles et pièces détachées. Cet envahissement faiblit en 1893, s'élève à nouveau en 1894 pour, de ce moment, baisser d'année en année jusqu'à 1899, où il tombe à 101,826 kilogrammes.

Par contre, notre exportation en Angleterre, de 21,136 kilogrammes en 1892, est plus que quadruplée en huit ans, et il est probable qu'il y aura balance entre l'importation et l'exportation pour l'année 1900.

Une considération à ne point perdre de vue et qu'il faut souvent rappeler, c'est que,

de 1892 à 1900, le poids des cycles est tombé de plus de moitié et qu'il faut dédoubler les chiffres de 1892, pour les comparer à ceux de 1900.

Et dans le même ordre d'idées, il est aussi à tenir grand compte d'un usage constant aujourd'hui, qui modifie encore cette proportion. En 1892, la bicyclette était importée ou exportée complète; en 1900 et depuis longtemps du reste, il en va tout autrement, la bicyclette est expédiée nue, sans pneumatiques, ni selle, ni poignées, ni sacoche, et, le plus souvent, sans garde-boue. Son poids accusé en douane n'est plus que de 5 à 6 kilogrammes au maximum.

Il en résulte qu'on ne doit examiner les chiffres donnés par la statistique douanière qu'en rapport de ces proportions et le danger américain se révèle autrement formidable en 1899, avec 277,734 kilogrammes, que le péril anglais, en 1892, avec 622,671 kilogrammes.

En 1892, les États-Unis n'expédiaient rien en France; en 1893, ils débutaient avec 154 kilogrammes, passaient à 9,588 kilogrammes en 1894, à 16,519 kilogrammes en 1895, à 41,004 kilogrammes en 1896, sautaient à 117,584 kilogrammes en 1897, doublaient en 1898, avec 229,184 kilogrammes, pour arriver à 277,734 kilogrammes en 1899, et l'envahissement continue.

On ne peut accuser les industriels français d'inertie, la statistique, là encore, les montre soutenant avec honneur le renom français.

En moins de huit ans, ils ont fait face au danger anglais et l'ont conjuré, leur exportation, en Angleterre même, est quadruplée et rétablit l'équilibre avec l'importation anglaise.

La lutte avec l'industrie allemande se solde en leur faveur. Enfin, le total général de l'exportation montre, en huit ans, une progression de 197,021 kilogrammes à 667,098 kilogrammes. Bien plus du triple.

Considérons aussi que cette progression n'est pas obtenue par des accaparements ou des monopolisations, mais uniquement par les progrès, les perfectionnements, la haute qualité de leurs produits. Oui, notre industrie française peut tirer une légitime fierté de l'œuvre accomplie.

Passons à l'industrie étrangère. Qu'a-t-elle inventé? Qu'a-t-elle perfectionné? Par quels procédés a-t-elle pu être par deux fois un danger pour nos ateliers et nos usines de France?

Qu'a-t-elle inventé? Rien.

Rien dans les temps historiques, sauf la cheville en bois du baron Drais.

Rien dans la période industrielle, pas même la fameuse roue libre, qu'elle nous rapporte aujourd'hui et que Truffault invente plus de vingt ans auparavant.

Qu'a-t-elle perfectionné? Bien peu de chose. Elle a mis le fer à la place du bois dans la draisienne.

Par quels procédés, les Anglais hier et les Américains aujourd'hui ont-ils mis et peuvent-ils mettre notre industrie en péril?

Les Anglais? En profitant de nos désastres et du développement général de leur industrie.

Quant aux Américains, abrités derrière des barrières douanières fermant, de façon absolue, l'entrée de la fabrication des autres pays, ils ont pu régler, sans mécompte, le prix de vente de la bicyclette chez eux; de puissantes associations, de vastes syndicats régularisaient production et vente, mais ils ont encore trouvé ceci trop modeste. En août 1899, une cinquantaine de marques américaines se sont formées en syndicat unique, en société au capital de 40 millions de dollars, soit 200 millions de francs, sous le nom d'American Bicycle Company, vulgairement appelée par abrévation l'A. B. C.

Une aussi vaste association ne pouvait avoir pour but de fournir des bicyclettes aux cyclistes américains, les États-Unis n'ont pour ainsi dire pas de routes et la consommation en est forcément limitée (de 100,000 à 120,000 par an au maximum); non, le but, avoué d'ailleurs, de l'A. B. C. est de fournir des bicyclettes à tous les peuples du monde.

La France possédant le plus admirable réseau de routes du monde, est donc le pays qui compte et qui comptera le plus de cyclistes; c'est donc sur la France que portera le principal objectif des Américains.

Le premier moyen d'invasion est donc l'argent. Avec ses 200 millions, l'A. B. C. prétend réduire à la ruine les ateliers et les usines de France, dont les capitaux, infiniment plus modestes, ne pourront résister.

Le second moyen, c'est la spécialisation. L'usinier français, soucieux de sa réputation, fabrique jusqu'à ses selles. L'A. B. C., à qui une réputation importe peu, est une agglomération d'usiniers qui, à l'inverse des Français, ne fabriquent pas même un roulement en entier.

Une usine ne connaît que le travail de la barre d'acier qu'elle résorbe sous forme d'axe tout fileté, mais les cônes et les cuvettes viennent d'une autre usine, une troisième fournit les billes, une quatrième apporte le moyeu et l'usine de la marque n'a plus qu'à assembler le tout.

Voit-on l'usinier français en regard? Lui qui, d'un œil jaloux, ne veut, ni ne peut séparer les roulements du cadre, et qui, au montage, ne trouve jamais ses ouvriers assez soigneux!

Il faut encore le dire, malgré les plus rigoureux calibrages, la machine américaine reste un assemblage de pièces plutôt qu'une machine mécanique. De mise au point, pas l'ombre.

Voilà pour les moyens financiers et industriels; la vente est aussi prévue sous un jour nouveau.

La vente des bicyclettes, aux États-Unis, étant régularisée et rémunératrice pour l'A. B. C., le trust entend-il avoir un même chiffre de bénéfice pour ses machines d'exportation? Que non pas.

Les prix de revient de la bicyclette, par les procédés que nous venons d'énumérer, sont très bas, mais ne peuvent être abaissés indéfiniment. On gagne encore quelque chose au montage tout spécial des bicyclettes destinées à l'exportation, mais ce n'est pas tout.

Le droit de 2 fr. 50 le kilogramme, l'A. B. C. ne le payera que sur la machine nue,

c'est-à-dire sur 6 kilogrammes au maximum. Elle payera 15 francs par bicyclette importée en France.

Le beau bouclier qu'a là le fabricant français contre le trust américain !

Est-ce tout? Non. Des combinaisons de primes permettent encore à l'A. B. C. d'affranchir sa bicyclette, entrant en France, de ce droit de douane. Cette fois, l'usinier français est désarmé.

Très bas prix de revient, grâce à une puissance financière colossale et à une spécialisation à outrance, entraves douanières annulées, c'est déjà beau, mais l'industriel américain vend à l'exportation au-dessous de son prix de revient.

Qu'on ne crie pas au paradoxe. C'est une réalité tangible et les industriels américains sont d'habiles calculateurs.

On ne peut produire près de 900,000 bicyclettes annuellement, sans un outillage colossal (à elle seule, l'A. B. C. produit les deux tiers de ces bicyclettes). Or, le principe de cette production est qu'une usine pour donner tout ce qu'elle peut, au point de vue de la qualité et du prix de revient, doit travailler sans arrêt pendant douze mois de l'année.

Pendant six mois, une usine américaine travaille pour les ventes à bénéfice normal, pendant les six autres, pour ainsi dire à prix de revient, pour l'exportation.

Une légère perte sur le prix de revient se trouve de beaucoup inférieure à l'ensemble des pertes résultant du chômage d'une demi-année.

Ceci pour la bicyclette complète; pour les pièces détachées, c'est plus complet encore, les Américains n'exportant chez nous que les pièces les plus coûteuses, pédaliers, moyeux, pédales, etc.

On dira peut-être : oui, le danger est réel, mais c'était aux intéressés à le prévoir et à en informer le Gouvernement, la Commission des douanes, etc.

Les intéressés ont agi. Dès le 5 juillet 1897, MM. Descubes et Paulmier, députés, déposaient une proposition de loi tendant à relever nos tarifs douaniers, et cela sur l'invitation de la Chambre syndicale du cycle et de l'automobile.

Le 9 décembre 1897, M. A. Peugeot, président de la Chambre syndicale, appelait, sur cette proposition de loi, l'attention de M. Graux, député, président de la Commission des douanes.

Le 5 février 1898, un mémoire de M. Onfray, vice-président de la Chambre syndicale, adressé à M. Graux, réfutait tous les arguments des adversaires de la proposition Descubes et Paulmier.

A la même date, un rapport de M. de Dion, vice-président de la Chambre syndicale, adressé également à M. Graux, signalait, pour l'industrie de l'automobile, un danger identique à celui qui atteint maintenant les cycles dans un avenir prochain.

Convoqués devant la Commission des douanes, d'autres membres de la Chambre syndicale signalaient une autre mainmise de l'étranger et demandaient un relèvement des droits sur les tubes d'acier.

M. Ph. Bovet, de la maison Les Fils de Peugeot frères, adressait, le 17 novembre 1898, un rapport sur les tarifs minimum, maximum et les droits *ad valorem*.

MM. Simonet et Vauzelle, dans un autre rapport, traitaient la question des droits sur les pièces détachées.

Le 25 février 1900, avant l'ouverture de l'Exposition, M. A. Darracq, président de la Chambre syndicale, adressait à M. Graux, président de la Commission des douanes, un rapport de M. Ch. Lelong, vice-président de la Chambre syndicale, résumant toute cette situation et qui n'était qu'un cri d'appel non seulement pour les industriels français, mais pour toute une population ouvrière de près de 100,000 personnes, sans parler de 6,000 petits fabricants de province et leurs ouvriers.

Ces démarches sont jusqu'à présent restées sans résultat, cependant il est à craindre que l'Allemagne, à l'exemple des États-Unis, ne relève ses droits de douane sur nos cycles et pièces détachées dans la proportion de 3 marks à 50 marks, et ne continue à inonder notre pays de son exportation au moindre tarif, le traité de Francfort lui assurant le bénéfice de traitement de la nation la plus favorisée.

Il est un autre argument qui milite en faveur des mesures de protection à prendre contre l'industrie étrangère.

En effet, en percevant le même droit douanier sur le poids d'une marchandise qui, global, reste le même alors que la quantité de cycles importés en France augmente, l'État subit une perte considérable.

En fait, il devrait percevoir une recette triple de celle qu'il encaisse, si l'on était resté dans l'esprit qui a motivé la taxation des cycles à 250 francs les 100 kilogrammes.

La proportion exacte devrait aller de 750 à 900 francs les 100 kilogrammes.

L'époque ne peut tarder où la Commission du budget demandera compte de cette anomalie au Gouvernement, et ce jour-là il faudra bien protéger l'industrie du cycle pour faire face aux dépenses du pays.

Et l'on n'aura pas à craindre une perte, une disparition de l'importation étrangère, cette importation est une nécessité absolue chez l'industriel américain, il y gagnera moins, voilà tout; il exportera un peu moins aussi, mais un équilibre s'établira et les applications futures de la bicyclette et de ses dérivés fourniront à la Commission du budget, sous les formes de douanes et d'impôt, des recettes peu sujettes à des moins-values décevantes.

Un paragraphe précédent parlait d'une population ouvrière de près de 100,000 habitants vivant de l'industrie du cycle et de ses dérivés.

En voici, d'après le rapport si intéressant adressé à la Commission des douanes dont il a été parlé, le relevé détaillé :

Paris et bassin de Paris. — Cycles, pièces détachées pour voitures automobiles, pièces détachées pour moteurs à pétrole, à vapeur, électriques : carrosserie bois et aluminium, matières premières, tubes étirés, billes, etc.	28,000
Saint-Étienne et bassin de la Loire. — Même nomenclature que ci-dessus	9,000
A reporter	37,000

Report.....	37,000
Amiens, Dijon, Lille, Grenoble et autres centres régionaux.....	7,000
Constructeurs mécaniciens et loueurs établis en province, construisant l'hiver seulement, employant en moyenne trois ouvriers chacun : d'après l'annuaire de MM. Thévin et Houry, s'élèvent à 6,500 + (6,500 × 3) =.....	26,000
Industries diverses connexes à la vélocipédie et à l'automobile. — Caoutchoucs, bandages pneumatiques pour cycles et automobiles, sellerie, poignées. Électricité pour allumage, piles, lanternes, etc. Fondeurs, modeleurs, dessinateurs, ingénieurs, etc. Évaluation minima.	20,000
TOTAL DU PERSONNEL OUVRIER.....	90,000

Ces chiffres parlent mieux encore que tous les arguments que l'on apporterait à la cause du relèvement du tarif douanier, surtout si l'on y ajoute que depuis dix ans cette industrie a drainé les sans-travail des diverses branches métallurgiques.

LA BICYCLETTE AUJOURD'HUI ET DANS L'AVENIR.

Les diverses manifestations organisées à l'occasion de l'Exposition ont démontré jusqu'à l'évidence à quel point le cyclisme est entré dans nos mœurs. Les fêtes, sportives ou non, où la bicyclette eut sa part, furent les plus brillantes de toutes et c'est encore à la bicyclette que l'on doit les plus belles journées et les plus belles recettes de l'annexe de Vincennes.

La période de l'Exposition nous a permis de voir dans Paris, à quel point le cyclisme est devenu d'usage courant. Les garages avoisinant les principales portes de l'Exposition étaient encombrés, les moyens de communication étaient suppléés par la bicyclette. Des milliers de cyclistes sont venus à l'Exposition par la route, de tous les points de la France.

Dans l'Exposition même, le cyclisme a engendré une manifestation d'art remarquable. Le pavillon du Touring Club de France, au pied de la tour Eiffel, dans les jardins du Champ-de-Mars a été une joie pour les yeux, un régal pour les artistes. Il a reçu les visites de tous les personnages importants qui ont visité l'Exposition. M. Loubet, président de la République, haut protecteur du Touring-Club de France, a tenu à signer son Livre d'or.

L'œuvre du Touring Club de France, qui compte aujourd'hui 70,000 membres, et qui est la plus vaste association cycliste du monde, méritait cet honneur. Les innombrables services que le T. C. F. a rendus et rend chaque jour, non seulement à ses membres, mais à tous, sous forme de création de routes pittoresques, entretien et protection des sites, caisses de secours aux cantonniers, amélioration de l'hygiène dans les hôtels, bref, en tout ce qui concerne l'agrément et la commodité en voyage à pied, à bicyclette, en voiture, en automobile, voire en chemin de fer, sont des services qui valent bien une mention.

Le T. C. F. exposait, d'ailleurs, au quai d'Orsay un modèle de chambre hygiénique qui a appelé l'attention de tout le monde savant. On ne peut que l'en féliciter ici encore.

Par l'œuvre du Touring Club de France, on juge quelle renaissance le cyclisme préparant les voies à l'automobile, a donnée à nos belles routes de France, si désertées depuis la diffusion des chemins de fer. Là aussi doit être appelée l'attention du Gouvernement, notamment pour nos routes du nord de la France.

Le cycliste, jadis honni, est aujourd'hui le bienvenu sur la route, tant et si bien que Jacques Bonhomme, un peu effarouché d'abord, a fait connaissance plus intime avec la bicyclette. La petite machine a sa place à la ferme et dans le plus humble hameau. Le médecin, l'agent voyer, le chef cantonnier, le petit clerc de notaire et jusqu'au curé se servent de la bécane. On a même vu un bon curé décrocher le brevet vélocipédique des 100 kilomètres en moins de cinq heures.

A la ville, les services rendus par la bicyclette sont plus grands encore. M. le docteur Michon, député, l'appela en pleine Chambre « le cheval du pauvre ». C'est la vérité totale aujourd'hui, l'ouvrier même a sa bicyclette, s'en sert pour se rendre à son travail, peut, grâce à elle, habiter des quartiers plus éloignés des centres, mais plus sains; il y trouve aussi une distraction qui, lui grisant les poumons d'air pur, lui fait prendre en dégoût l'ivresse du cabaret. Le rôle de la bicyclette comme moralisatrice est démontré, et cela même fait un devoir de la propager davantage.

La femme aussi doit à la bicyclette une meilleure hygiène, une échappée de vue sur une existence moins *pot au feu;* il n'est pas jusqu'au costume spécial qu'elle doit prendre pour pédaler qui ne la fasse plus libre de ses mouvements, plus émancipée; aussi les féministes font-ils des actions de grâces à la bécane.

L'enseignement, l'instruction, l'éducation de l'enfant ont gagné aussi au cyclisme; la géographie, la topographie de notre pays sont des sciences vivantes pour l'enfant au lieu d'être des choses abstraites. Le contact avec tout ce qu'on rencontre sur la route rend pour lui tangibles une foule de choses connues, mais incomprises.

La bicyclette donne à l'enfant, à l'homme, à la femme même, des qualités d'initiative, de décisions d'action, de besoin de vivre largement que la meilleure éducation ne peut donner. Il viendra certes un jour où la bicyclette sera enseignée à l'école tout comme la gymnastique.

L'idée de lutte, de recherche des meilleures, a engendré les luttes sportives, des sociétés nombreuses font courir les jeunes cyclistes pendant la belle saison. Les vélodromes font des recettes que n'atteignent pas toujours les meilleurs théâtres. Deux sociétés principales régissent les divers clubs : l'Union vélocipédique de France, les coureurs cyclistes et l'Union des Sociétés françaises des sports athlétiques, les cyclistes amateurs et les autres sports développés avec l'aide du cyclisme : course à pied, football, aviron, etc.

La bicyclette n'est pas seulement moralisatrice, émancipatrice et instrument de sport. Elle est utilitaire aussi et le commerce tout comme l'industrie lui a demandé bien des

services. Un de ses dérivés, le tricycle porteur, devient depuis deux ans le mode de transport le plus employé pour les petits colis.

Il faut signaler aussi l'influence de la bicyclette sur l'esprit inventif des Français, le colossal nombre de brevets d'invention pris pour son perfectionnement ne pouvait être passé sous silence. C'est encore un honneur pour notre pays.

Il ne faudrait pas croire que ce développement du cyclisme ait nui au développement de nos compagnies de chemins de fer : tout au contraire, la bicyclette développant le goût des voyages a augmenté la clientèle du « grand frère qui fume ». Le cycliste fait deux parts de son excursion : celle du chemin de fer qui le conduit à un point intéressant, et sa promenade de découverte à bicyclette. Les compagnies l'ont si bien compris qu'après avoir cherché noise aux cyclistes au sujet du transport des bicyclettes non emballées, elles ont abandonné toute prétention à ce sujet et supportent sans se plaindre la responsabilité en cas de détérioration, toujours rare.

Enfin, pour en terminer avec les vertus actuelles de la petite machine d'acier, il ne faut pas oublier celle d'être un excellent revenu pour le fisc, puisque la recette pour 1900 dépasse 6 millions de francs. Et si jamais impôt est payé sans murmurer, c'est bien celui-là.

Voici la progression du nombre des cyclistes ayant payé l'impôt depuis l'année 1894, où fut votée la première taxe de 10 francs par machine, réduite pour 1899, à 6 francs avec plaque de contrôle.

1894	203,026	1898	488,414
1895	256,084	1899	838,856
1896	329,816	1900	975,878
1897	408,869		

La réduction de l'impôt à 6 francs et l'obligation de la plaque de contrôle fait bondir du simple au double le nombre des cyclistes de 1898 à 1899. La Commission du budget a dû le constater avec quelque plaisir.

Le département de la Seine avec Paris tient nécessairement la tête dans la statistique par département. 212,510 cycles y ont été déclarés. Le Nord vient ensuite avec 44,371 ; Seine-et-Oise, 41,119 ; Gironde, 23,529 ; Rhône, 23,462 ; Seine-Inférieure, 22,728 ; Seine-et-Marne, 21,615 ; Oise, 19,445 ; Marne, 19,126 ; Pas-de-Calais, 17,605, etc.

Le département qui compte le moins de cyclistes est la Corse avec 282 ; avant lui, la Lozère, 468 ; les Hautes-Alpes, 987 ; le Cantal, 1,033 ; les Basses-Alpes, 1,125, etc.

La configuration de ces derniers, leur difficulté d'accès donnent la raison suffisante de cette pénurie de bicyclettes.

Une statistique intéressante est aussi celle de la proportionnalité de cycles par 1,000 habitants.

Vient en tête la Seine avec 63.6 pour 1,000 ; Seine-et-Oise, 61.6 pour 1,000 ; Seine-et-Marne, 60.2 pour 1,000 ; Oise, 48 pour 1,000 ; Aube, 47.8 pour 1,000 ;

Loiret, 44 pour 1,000; Marne, 43.5 pour 1,000; Eure-et-Loir, 41.7 pour 1,000; Eure, 39.9 pour 1,000; Côte-d'Or 39.8 pour 1,000, etc.

La moins bonne proportion est celle de la Corse, 0.9 pour 1,000; Lozère, 3.5 pour 1,000; Corrèze, 4.2 pour 1,000; Cantal, 4.4 pour 1,000; Haute-Loire, 4.5 pour 1,000; Aveyron, 4.7 pour 1,000, etc.

La moyenne par département donne 11,717 cycles par département.

Enfin la proportion pour la France entière donne 23 cycles environ par 1,000 habitants, soit en chiffres ronds, 1 bicyclette pour 40 habitants.

La même statistique pour les motocycles révèle l'existence en France de 11,252 motocycles déclarés, soit une recette pour le fisc d'environ 130,000 francs.

Gouverner, c'est prévoir. Une industrie qui ne demande d'être protégée qu'en augmentant les recettes douanières du pays, d'une part, et qui, de l'autre, aboutit à faire entrer 6 millions dans les coffres de l'État avec une augmentation annuelle normale de 1 million et demi, tout cela est digne d'entrer dans les prévisions de nos dirigeants.

Il est encore mieux à prévoir; la bicyclette a préparé le chemin à l'automobile, l'automobile a ouvert la voie à la conquête de l'air. Que prévoir pour demain?

D'abord la bicyclette à moteur, vite généralisée, qui nous délivrera des transports collectifs, ses dérivés à deux ou trois roues et peut-être dans un avenir assez prochain la locomotion aérienne, individuelle aussi, partie du cadre de la bicyclette.

On peut tout oser, tout concevoir; si jamais l'avenir fut à quelque chose, c'est bien à la bicyclette et l'on peut croire que les promesses du siècle qui s'ouvre ne seront pas vaines.

IMPRIMERIE NATIONALE.

IV

AUTOMOBILES.

La caractéristique de la Classe 30, en 1900, a été le développement prodigieux de l'exposition des automobiles de toutes natures.

Si la vélocipédie, en 1889, comptait déjà de nombreux exposants (16 rien que pour la France), en revanche, les voitures à traction mécanique y avaient passé inaperçues.

A lire les rapports officiels, on pourrait même croire qu'elles n'existaient pas.

Ni M. Quenay ni ses collaborateurs n'en disent mot. M. Alfred Picard, dans son magistral travail sur la carrosserie et le matériel des chemins de fer, se borne à rappeler que les essais de traction mécanique sur route remontent au XVIIIe siècle qui vit les tentatives du Français Cugnot (1769); de l'Américain Olivier Evans (1786); de l'Anglais Robison (1795); et à l'aube du XIXe siècle où ils furent repris, sans plus de succès, d'ailleurs, par deux Anglais, Trevithick et Vivian (1801), puis par Watt et Murdoch.

Même dans des mémoires spéciaux, on ne trouve que des passages comme celui-ci : « Enfin, je ne puis que signaler les voitures à vapeur de MM. Flamay, Merelle, Millet et Serpollet et les voitures à pétrole de MM. Mors, Panhard et Levassor et celle de M. Roger. »

A l'Exposition de 1900, 192 exposants, dont 23 étrangers, ont envoyé de nombreuses voitures automobiles de tous types.

Dans ces conditions, il nous paraît nécessaire de donner un bref historique des inventions successives et des circonstances qui ont préparé l'éclosion subite de cette magnifique industrie dont l'essor, en apparence prodigieux, tient à l'appropriation intelligente de bien des dispositifs essayés dans la carrosserie où ils ne se sont pas développés, les besoins de la traction animale n'en rendant pas l'utilisation indispensable.

En 1769, Cugnot, ingénieur militaire français, construisit un fardier tricycle à traction mécanique où la roue avant était motrice directrice.

L'insuccès de ce fardier s'il fut jamais essayé, ce que les recherches du commandant Ferrus ne permettent pas de penser, mit en évidence la nécessité :

1° D'une chaudière et d'un fourneau susceptibles de fournir rapidement la quantité de vapeur nécessaire au moteur proprement dit;

2° D'un mode de direction rapide et sûr.

Malgré tout le mérite de quelques-uns des organes de ce fardier, nous ne le décrirons pas, car aucun de ses dispositifs n'a été conservé, même comme principe, dans l'automobilisme moderne. Cugnot n'en a pas moins été le premier à croire à la possibilité de la locomotion mécanique, mais s'il a vu clairement la nécessité du véhicule automoteur, il n'a résolu aucun des problèmes de sa construction rationnelle.

Au contraire, en 1828, Onésiphore Pecqueur, chef des ateliers du Conservatoire des arts et métiers, fit breveter à Paris un chariot à vapeur destiné à marcher sur les routes qui renferme du moins en germe plusieurs des dispositifs qui sont aujourd'hui utilisés sur les automobiles : la transmission par chaînes, l'engrenage satellite ou différentiel et la direction par roues pivotantes à l'extrémité de l'essieu avant.

En 1835, on vit circuler entre Paris et Versailles, ainsi qu'entre Paris et Saint-Germain, une voiture à vapeur automotrice construite en Angleterre par Marconi, importée en France par Asda.

Cette même année, Dietz fit breveter un tricycle à vapeur dit « remorqueur voyageant sur les routes ordinaires », mais contrairement au tricycle de Cugnot, dans celui de Dietz, les roues arrière étaient motrices et la roue avant n'était que directrice. Dans la suite, Dietz construisit un remorqueur avec plusieurs paires de roues porteuses. Dietz mérite une mention spéciale parce qu'il semble avoir été le premier à pressentir l'utilité des bandages élastiques. Il chercha à réaliser ce desideratum en intercalant d'abord une couche de feutre goudronné, puis du liège, et enfin du caoutchouc entre la jante proprement dite et le bandage de roulement maintenu par des joues latérales boulonnées sur la jante.

La voiture de Dietz inspira un réel enthousiasme même chez des savants, membres de l'Institut, comme Arago, etc.

En Angleterre, en 1828, Gurney avait construit une voiture où d'abord la direction était assurée par un avant-train tricycle, puis, en 1835, par un avant-train ordinaire avec couronne.

Les pistons des cylindres moteurs placés sous la voiture en arrière de la cheville ouvrière étaient reliés directement par des bielles aux coudes de l'essieu arrière. Sur les fusées de celui-ci, les roues motrices tournaient folles lorsque leurs jantes n'en étaient pas rendues solidaires par des bras calés sur les extrémités de l'essieu. Ce dispositif remplaçait le différentiel dans les courbes.

Haucok, vers la même époque, adopta d'abord une voiture tricycle où la roue de devant était motrice et directrice; dans les suivantes, la direction avait lieu par avant-train mobile autour d'une cheville ouvrière par couronne dentée et pignon monté sur la tige d'une barre de direction.

La transmission à l'essieu moteur se faisait par une chaîne reliant la couronne montée sur cet essieu à une autre actionnée directement par la bielle du piston moteur se mouvant verticalement.

Les deux voitures de Gurney et d'Hancock firent avec succès, paraît-il, des services publics. Ils ne furent interrompus dit-on que par suite des charges écrasantes imposées à leur circulation par les compagnies chargées de l'entretien des routes.

En France, dans la seconde moitié du XIXe siècle, c'est la locomotive routière qui semble avoir surtout attiré l'attention des inventeurs.

Vers 1856, la maison Lotz, de Nantes, avait acquis une grande réputation pour ses locomotives routières destinées à remorquer de ferme en ferme les machines agri-

coles qu'elles devaient y faire fonctionner. En 1865, Lotz fit breveter, pour une locomotive destinée au halage sur les canaux, une direction par une roue avant unique, montée à l'intérieur d'une couronne dentée que le conducteur faisait mouvoir par un pignon fixé à la partie inférieure d'une tige verticale dont la partie supérieure portait un autre pignon à denture hélicoïdale engrenant avec une vis sans fin filetée sur une tige horizontale manœuvrée par une roue de gouvernail. L'essieu arrière était moteur. Les roues pouvaient à volonté être solidaires de cet essieu ou folles dans les courbes.

M. Lotz fabriqua même une véritable voiture à vapeur pour le transport des voyageurs dont le châssis présentait le dispositif d'ensemble qui est actuellement reconnu le plus rationnel. La chaudière verticale et la machine étaient placées à l'avant dans une sorte d'avant-corps demi-circulaire porté par la roue directrice.

Le mécanicien était installé entre les organes du mouvement et la caisse des voyageurs.

La transmission du mouvement se faisait par chaîne à la roue motrice.

Dans la quatrième locomotive routière Albaret, outre un dispositif analogue permettant de rendre folle l'une ou l'autre des roues arrière, on trouve un différentiel qui, placé vers le moyeu des roues, permettait d'accélérer le mouvement de la roue calée à raison du ralentissement de la roue rendue folle.

Nous ne devons pas oublier de citer la locomotive routière de Thomson (1869), d'Édimbourg, qui est le premier véhicule dans lequel, à notre connaissance, on appliqua des bandages en caoutchouc vulcanisé, aussi bien aux roues motrices qu'aux roues directrices. Leur bon effet fut tel que Thomson put se dispenser d'interposer des ressorts entre les essieux et le bâti de la locomotive.

Enfin, citons la locomotive routière, également anglaise, d'Aveling et Porter ayant figuré à l'Exposition universelle de 1867, qui présentait une application complète de l'engrenage satellite de Pecqueur, à la transmission du mouvement aux roues motrices.

En 1870, Michaux construisit un tracteur à vapeur où, conformément au desideratum exprimé par le baron Seguin en 1866, chaque roue motrice folle sur sa fusée était entraînée par une chaîne reliant une couronne dentée montée sur son moyeu et un pignon denté monté sur l'arbre moteur d'un moteur spécial.

Il en était de même dans la première voiture automotrice construite par M. A. Bollée, du Mans, en 1873.

A la même époque, fut construite à Marseille la voiture Stapfer analogue au fardier de Cugnot; les cylindres moteurs sont placés de chaque côté de la chape dans laquelle est placée la roue motrice; seulement dans la voiture Stapfer, la chaudière à changement central et à tubes d'eau verticaux était placée entre la roue motrice et l'arrière-train au lieu d'être, comme dans le fardier Cugnot, placée en porte-à-faux en avant de la roue motrice.

Après plusieurs essais, M. A. Bollée construisit, en 1878, une voiture, *la Mancelle*, pour laquelle il adopta pour la direction et la transmission des dispositifs encore en usage aujourd'hui.

Les fusées des roues motrices, en effet, étaient mobiles autour de pivots verticaux placés à l'extrémité de l'essieu avant.

Chaque fusée mobile portait un bras incliné vers l'extérieur sur la direction de l'essieu et relié par une tige horizontale à une des branches d'un V dont la pointe était fixée au centre de rotation d'un secteur denté qu'on déplaçait à l'aide d'un pignon fixé à l'extrémité inférieure de la tige d'une roue de gouvernail horizontal.

D'un autre côté, le moteur à deux cylindres verticaux était placé en avant dans un carter. L'arbre moteur agissait sur un pignon d'angle calé sur un arbre intermédiaire portant à chacune de ses extrémités un pignon relié par une chaîne à une couronne dentée fixée au moyeu d'une des roues motrices folle sur sa fusée.

En 1881, les premiers essais sérieux de traction électrique furent tentés par Raffard en utilisant les accumulateurs Faure dont le brevet est de 1880.

La voiture de 40 places que la Compagnie générale des omnibus mit à sa disposition, reçut un mécanisme des plus simples.

La dynamo placée à l'arrière actionnait par courroie la couronne d'un différentiel, placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portaient des pignons qui commandaient par chaînes des couronnes dentées fixées aux rais des roues arrière motrices.

Bien que la direction se fît par une couronne dentée montée sur l'avant-train ordinaire et un pignon fixé à l'extrémité inférieure d'une tige verticale manœuvrée par le cocher assis sur le siège ordinaire des omnibus, cette voiture circula dans Paris en tournant dans des rayons de 5 mètres.

La voiture à vapeur tenta vers cette même époque les nombreux inventeurs de chaudières à vaporisation rapide, à pression élevée et, partant, légères.

Parmi ceux qui ont persévéré, nous devons citer en particulier les constructeurs de Dion et Bouton dont les voitures successives datent de 1883.

D'abord tricycles, puis quadricycles à direction par arrière-train mobile autour d'une cheville ouvrière, certaines de ces voitures ont effectué sur les routes de longs voyages. On a pu les admirer à l'Exposition rétrospective du Grand Palais en 1901.

Ces essais ont abouti aux tracteurs à vapeur qui, circulant isolément, sont arrivés premiers dans la course de 1895 (Paris-Rouen) et de Marseille-Nice (1897), puis aux omnibus et camions que nous retrouverons plus tard.

En 1889, à l'Exposition universelle, figurait entre autres voitures à vapeur, la voiture à laquelle M. Serpollet avait appliqué son générateur à vapeur si connu.

S'ils prouvent que la voiture à vapeur existe depuis longtemps, tous ces essais suivis avec intérêt par un petit nombre d'adeptes intelligents de la nouvelle locomotion, restèrent inconnus du grand public malgré quelques parcours sensationnels de quelques-unes des voitures précédentes.

Le moteur à vapeur, en effet, exige pour sa conduite un mécanicien habile; de plus il dépend d'une chaudière dont l'explosibilité inquiète toujours un peu le voyageur.

A l'Exposition de 1889, MM. Panhard et Levassor présentèrent un omnibus sur rails actionné par le moteur à essence Daimler qu'ils appliquaient depuis quelque temps à la navigation de plaisance.

Quoique passé inaperçu, de ce moteur date, cependant, une ère nouvelle pour la locomotion automobile[1].

En effet, en 1891, un quadricycle Peugeot, muni d'un de ces moteurs acheté à la maison Panhard-Levassor, suivit la course Paris-Brest et, en 1894, la course Paris-Rouen démontra que l'on était enfin sur la voie de la véritable solution du problème de la locomotion automobile.

La course Paris-Bordeaux et retour en fut une démonstration éclatante pour le grand public plus frappé, il est vrai, de l'admirable endurance de Levassor que de la construction de sa voiture.

Elle était d'ailleurs assez imparfaite à bien des points de vue, mais l'engouement du public allait permettre d'en perfectionner progressivement toutes les parties. De nombreux acheteurs s'arrachèrent les nouvelles voitures à essence, alors que les inventeurs des voitures à vapeur voyant leur modèle unique rester en magasin, reculaient devant la dépense qu'eût exigé la construction d'un nouveau type amélioré.

La fondation, à la fin de 1895, de l'Automobile Club de France par les organisateurs de la course Paris-Bordeaux créa, pour la nouvelle locomotion, un centre de propagande par les courses.

Successivement 1896 (Paris-Marseille), 1898 (Paris-Amsterdam), 1899 (Tour de France), 1900 (Paris-Toulouse), 1901 (Paris-Berlin) mirent sous les yeux du public les nouveaux types que les besoins de la concurrence et les enseignements des courses précédentes forçaient les divers constructeurs à mettre en ligne.

En même temps que le tourisme et ses longues excursions étaient entrés dans les mœurs, par les progrès que la bicyclette avait fait faire à la vélocipédie, les notions de mécanique usuelle s'étaient assez répandues pour que la conduite du moteur à essence, si simple, n'effrayât plus ceux que la bicyclette et ses pneus avaient habitués à triompher de la panne.

Les acheteurs de la nouvelle voiture se pressèrent si nombreux à la porte des grands fabricants impuissants à leur en livrer, que bien des petits ateliers s'ouvrirent pour satisfaire aux demandes de ces clients.

De là la splendide exposition de l'automobilisme en 1900, avec son fouillis de types divers, qui prouve la sève vigoureuse d'une industrie cherchant sa voie dans toutes les directions avec l'ardeur impétueuse de la jeunesse.

Nombreux en effet sont les problèmes que les sujétions de la locomotion automobile posent aux inventeurs. Il n'est aucune des parties, en apparence les plus accessoires, de

[1] Bien que nous fassions commencer l'ère de la locomotion automobile sérieuse avec le moteur Daimler, nous n'ignorons pas que, dès 1862, Lenoir, l'inventeur du moteur à gaz, eut l'idée d'adapter à une voiture le moteur à air carburé qu'il employait sur un canot; mais l'oubli même où ces essais des plus intéressants sont tombés prouve qu'ils n'eurent aucune influence sur la locomotion.

la voiture à traction mécanique, dont la construction n'exige une étude toute spéciale, car elle est souvent appelée à jouer un rôle différent ou à supporter des efforts tout autres que dans la voiture à traction animale.

Si donc le constructeur de voitures automobiles doit mettre à profit tous les progrès réalisés par ses émules de la carrosserie, du charronnage et de la vélocipédie, il ne doit pas les copier servilement, car la vitesse qu'il désire pouvoir imprimer à ses véhicules augmente dans une proportion considérable les efforts que certaines des parties constitutives auront à supporter et entraîne des sujétions de construction autrement difficiles à réaliser pour obtenir : solidité et légèreté.

Pour arriver à dresser un tableau d'ensemble des voitures et des inventions multiples qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1900, sans être exposé à des redites fatigantes pour le lecteur, nous croyons devoir d'abord formuler quelques considérations sur les conditions spéciales de la locomotion rapide sur routes, assez brèves pour ne pas trop allonger ce rapport, mais cependant assez complètes pour bien faire comprendre les sujétions qui en résultent pour les parties essentielles de la voiture à traction mécanique destinée à circuler sur les routes ordinaires.

Considérons d'abord la locomotive mécanique sur rails.

La voie posée à l'origine presque toujours en palier et en ligne droite ou suivant des courbes d'un rayon considérable, n'exigeait qu'un effort moyen à peu près constant d'un moteur qui, séparé de la charge à traîner, pouvait être relativement lourd.

Cette séparation combinée avec l'absence de cahots procurée par le rail, permettait d'avoir pour le tracteur des ressorts assez durs pour que les variations de distance du piston fixé au châssis, aux manivelles des roues motrices, fussent toujours assez faibles pour être compensées par l'élasticité de la vapeur. De là la possibilité d'une connexion rigide entre ces deux organes.

La voie soigneusement isolée rendait sans inconvénients, par l'impossibilité de chocs latéraux, la position extérieure de tous les organes mécaniques, moteur et transmission, si favorable à leur visite et à leur bon entretien.

Le rail assurant la direction, le mécanicien n'avait pas à s'en occuper.

La locomotive suivant une ligne à peu près droite, les roues motrices peuvent être calées sur l'essieu moteur dont les manivelles sont reliées directement par bielles rigides aux tiges des pistons.

Enfin la rotation de ces essieux dans des boîtes immobiles permet facilement une lubrification constante de leurs portées.

En regard de toutes ces facilités du moteur sur rails dont la masse quasi-invariable rend le montage presque aussi facile que celui d'une machine fixe, voici les difficultés que doit vaincre le constructeur du moteur sur routes ordinaires, pour peu qu'il veuille atteindre une vitesse un peu notable :

Au lieu de circuler sur une voie unie, la voiture automobile doit parcourir des chemins ordinaires qui, même bien entretenus, occasionnent des cahots à l'abri desquels il importe de mettre le moteur aussi bien que le voyageur.

De là, la nécessité d'interposer entre les essieux et la chaîne des ressorts doux, partant à flexions notables.

L'amplitude des déplacements relatifs des points extrêmes de la transmission du mouvement moteur exige que celle-ci soit déformable, au moins en direction, sur une partie de sa longueur.

Les chocs latéraux, toujours possibles dans la circulation au milieu des autres véhicules sur une chaussée encombrée, ne permettent plus de placer extérieurement les organes du moteur et de la transmission que, d'un autre côté, on doit mettre à l'abri de la poussière et de la boue trop fréquentes sur nos routes.

Si la ligne droite est la direction normale du véhicule sur rails, on peut dire que la piste sinueuse est la règle pour la voiture sur routes; de là découle la nécessité de pouvoir donner à chaque instant, à chaque roue motrice, une vitesse en rapport avec sa trajectoire.

Ces roues ne peuvent donc être solidaires d'un seul essieu moteur, d'où nécessité d'assurer à chacune l'indépendance de mouvement nécessaire.

Le conducteur doit assurer la direction de sa voiture. Le dispositif à mettre à sa disposition à cet effet doit être d'autant plus prompt et plus invariable que la vitesse sera plus grande. Il doit se composer de pièces simples avec un nombre d'articulations assez restreint pour éviter les embardées résultant des ferraillements produits par l'usure.

Enfin, malgré l'habileté du conducteur, sa vigilance peut être surprise par un obstacle imprévu; il faut donc qu'il puisse disposer d'un freinage énergique dont l'utilité, du reste, est flagrante dans les déclivités.

Ce résumé comparatif des difficultés et des facilités que présente la traction mécanique respectivement sur routes et sur rails, permet de saisir du premier coup pourquoi les progrès de la première ont été si lents et ceux de la seconde si rapides. Il nous autorise aussi à dire que le succès définitif de la traction mécanique sur routes ne dépend pas tant des qualités du moteur proprement dit que de la solution des problèmes suivants concernant le véhicule lui-même :

Appareil de direction robuste et simple, d'une manœuvre prompte et sûre;

Freinage énergique pouvant suivant le besoin agir brusquement ou progressivement;

Transmission aux roues du mouvement du moteur par un organe déformable, au moins en direction, sur une partie de sa longueur;

Répartition variable entre les roues, suivant les nécessités de la piste, de la vitesse relative nécessaire à leurs trajectoires respectives;

Disposer toutes les parties de la voiture de manière à réduire au minimum les résistances qu'opposeront à son déplacement rapide les frottements intérieurs, le roulement sur la chaussée et la pression de l'air.

Toutes ces conditions réalisées, il s'agira enfin de chercher à obtenir un moteur :

1° Aussi léger et aussi peu encombrant que possible;

2° Utilisant une source d'énergie légère, peu volumineuse et facile à renouveler en cours de route;

3° Susceptible de pouvoir développer une puissance variable avec les nécessités de la circulation.

Nous allons passer successivement en revue, dans l'ordre qui précède, les dispositifs divers imaginés par les différents inventeurs pour satisfaire à ces desiderata. Leur critique raisonnée sera le meilleur cadre d'exposition complète des mille et un types qui ont attiré, en la troublant un peu par leur diversité, l'attention des visiteurs de l'enceinte générale et de l'annexe de Vincennes.

Après avoir étudié les parties séparées, nous en examinerons le montage complet dans les diverses voitures des principaux constructeurs et nous verrons si on peut déduire de ce qui se fait actuellement les types définitifs qui seront pour la traction automobile ce que les mail-coachs, calèches, landaus, coupés, tilburys, ducs, victorias, etc., sont pour la voiture à traction animale.

DIRECTION.

A l'époque (1766) où Cugnot construisit son fardier, les essieux des carrosses à quatre roues étaient réunis par un train qui ne permettait pas à l'avant-train de tourner de plus de 30 degrés. Désireux de procurer à son véhicule plus de facilité de virage, Cugnot préféra n'avoir à l'avant qu'une seule roue comprise entre les deux bras d'une fourche ou chape dont la tige supérieure pouvait tourner dans une douille solidaire du reste du fardier, — dispositif que nous avons retrouvé dans trois des véhicules cités dans l'historique de la locomotion automobile et qui a été conservé dans le tricycle et la bicyclette à pédales voire même dans la voiturette automobile Ve Levassor et de Boisse et la voiture électrique Vedovelli.

Comme la roue avant du fardier Cugnot était également motrice, elle devait supporter la plus grosse partie de la charge totale, l'effort nécessaire pour la faire tourner était, par suite, assez considérable pour exiger l'interposition d'une série d'engrenages entre la couronne dentée calée sur son axe de rotation et la barre placée entre les mains du conducteur. Cette démultiplication rendait l'action de la direction lente, aussi s'explique-t-on la légende qui veut que, dès la première sortie, Cugnot, impuissant à diriger son fardier, ne put l'empêcher de se heurter à un mur.

Vers 1816, Lanskensperger fit breveter en Allemagne et, vers 1820, Akermann introduisit en Angleterre, pour les carrosses, le dispositif suivant :

Les roues de l'avant-train, au lieu de tourner autour des fusées placées dans le prolongement de l'essieu, étaient mobiles autour de fusées pouvant elles-mêmes pivoter aux extrémités de cet essieu. Malheureusement, au lieu de disposer la connexion des deux pivots de manière à ce que les fusées des deux roues prolongées vinssent converger en un même point de l'essieu arrière, Lanskensperger et Akermann adoptèrent un mode de connexion tel, que les deux roues restaient parallèles.

Le même défaut se rencontre dans l'application qu'en 1828, Onésiphore Pecqueur fit de cette direction à son tracteur automobile

Ce n'est qu'en 1882 que M. Jeantaud reprit l'idée de Lanskensperger en la modifiant de manière à rendre suffisamment exacte avec une seule tige de connexion, la convergence des deux fusées vers un même point.

Nous avons vu que, dès 1878, après avoir employé les roues avant montées sur chapes comme dans la locomotive routière Lotz, M. A. Bollée, du Mans, avait adopté une autre solution du système Akermann, en reliant chaque bras de ses pivots à la branche d'un V mobile autour de sa pointe, fixée au milieu de l'essieu.

Les connexions des roues directrices adoptées aujourd'hui sur toutes les voitures dérivent de l'un ou de l'autre de ces systèmes. Cependant, à l'Exposition universelle de 1900, une voiture portait un autre mode de connexion inventé par M. Lavenir, dit direction pentagonale à centre de rotation en dehors de l'essieu.

Ce système diffère du dispositif A. Bollée en ce que le V est remplacé par un bras dont le centre de rotation est placé du même côté de l'essieu que les bras des pivots, tandis que le point d'attache des tiges de connexion est placé de l'autre côté de l'essieu. Les deux tiges de connexion sont alors fortement inclinées l'une par rapport à l'autre, ainsi que les bras des pivots.

Le mode de direction par roues mobiles autour de pivots fixés aux extrémités de l'essieu avant, n'est pas encore le seul exclusivement employé. L'avant-train mobile autour d'une cheville ouvrière entraîné par une série d'engrenages était encore en usage sur quelques voitures exposées en 1900, notamment sur les voitures de place à moteur électrique de la Compagnie générale des voitures à Paris et sur les voitures de remise de la Société des électromobiles.

Cette persistance de l'avant-train mobile pouvait, à l'origine, s'expliquer par la crainte qu'a dû inspirer la solidité de l'assemblage des pivots mobiles à l'extrémité des essieux, mais aujourd'hui l'expérience a prononcé; cet assemblage est si résistant que des voitures renversées peuvent, remises sur roues, repartir sans difficulté malgré l'effort anormal considérable qu'une extrémité de l'essieu a supporté dans le renversement. Aussi, pour le camion électrique de 10 tonnes de charge utile de la raffinnerie Say qui a pris part aux concours de 1900, MM. Postel et Vinay n'ont-ils pas hésité à adopter ce mode de direction bien que chacune des roues directrices portât 3 tonnes et demie.

Il est donc probable, sinon même certain, que, sauf peut-être pour certaines voitures à roues avant-motrices et directrices, l'avant-train directeur aura totalement disparu d'ici peu. Déjà, du reste, à la dernière exposition du Grand Palais la Compagnie des électromobiles avait un type de voitures à essieu brisé. Nous croyons donc utile de donner quelques détails sur l'ensemble complet de la direction par roues mobiles autour des extrémités de l'essieu avant.

Ce mode de direction comprend quatre appareils distincts : le pivotement, la connexion des pivots, l'organe de préhension du conducteur, la transmission du mouvement de cet organe à un des bras de pivot.

Le pivotement est obtenu dans quelques voitures légères américaines où la suspension est constituée par les pneus seuls, en disposant les roues comme dans la bicyclette. La

douille dans laquelle la tige de la fourche est mobile est fixée de chaque côté du châssis.

En France, les constructeurs préfèrent fixer à l'essieu la roue directrice par une articulation qui permet de déplacer le plan de celle-ci d'un certain angle (33 degrés). D'où le nom d'essieu brisé donné à ce mode de pivotement.

Il y a trois genres principaux d'articulations : à chape ou double rotation, où la fusée est fixée au milieu à peu près d'une pièce verticale dont chaque extrémité forme un tourillon tournant dans le coussinet d'une branche d'une chape terminant l'essieu; à pivots corps droit où la fusée se recourbe en un pivot qui est coiffé par un cylindre fixé à l'extrémité de la fusée; à chevilles renversées, où la fusée porte, au contraire, un cylindre dans lequel repose un coude fixé à l'extrémité de l'essieu.

Ces différents dispositifs constituent des pièces de forge d'un travail d'autant plus difficultueux qu'il faut encore y ajouter le bras destiné à porter la tige de connexion.

On pourrait, à la rigueur, introduire ce bras dans un trou de la pièce portant la fusée et l'y fixer par un boulon, mais au bout d'un certain temps, il y aurait usure ou desserrage et, partant, un jeu qu'il importe d'éviter par-dessus tout dans la direction.

Ces pièces de forge si compliquées seraient à peu près impossibles à enlever dans une seule chaude par matrices, si des établissements aussi importants que les maisons Lemoine (hors concours), Bail et Pozzy (médaille d'or), Hannoyer (médaille d'or), Vermot (médaille d'argent), Didier-Lemaire (médaille de bronze), Martin-Maite et Huberland (médaille de bronze) n'étaient pas pourvus de marteaux-pilons puissants.

La pièce reliant la fusée à l'essieu supporte en un point un effort de traction, en un autre un effort de compression. C'est en ces deux points qu'on doit assurer un roulement facile. D'abord on s'est contenté de roulements lisses avec bains d'huile, maintenant on emploie couramment les roulements à billes.

Quel que soit le mode de pivotement adopté, il importe que la fusée présente du carrossage et que le prolongement de son axe de rotation autour de l'extrémité de l'essieu rencontre le sol à la moindre distance possible du milieu du bandage, de manière à diminuer le moment de l'effort résistant à vaincre dans le déplacement du plan de rotation de la roue.

Ce résultat est assez facile à obtenir avec la direction à fusées encastrées dans des pivots inférieurs (Jeantaud) ou supérieurs (Panhard et Levassor).

Avec la direction à chape, c'est un peu plus difficile; MM. Clubb et Southey ont proposé un dispositif *ad hoc*.

Pour mieux réaliser ce desideratum, certains constructeurs étrangers ont eu l'idée de placer le pivotement même de la fusée dans l'intérieur du moyeu de la roue (système Riker).

Connexion. — Ce que nous avons dit plus haut sur la solution du problème de la convergence suffit; nous nous bornerons ici à signaler à nouveau l'impérieuse néces-

sité de réduire au minimum les articulations et l'avantage de faire travailler les bras à la traction et non à la compression.

La connexion par une seule tige reliant des bras inclinés de dedans en dehors à l'avant de l'essieu directeur, nous paraît donc la seule à adopter aujourd'hui qu'on en a fini avec les craintes du début sur les variations de longueur et de direction de la tige de transmission pouvant entraîner des embardées des roues.

Organe de manœuvre. — Le premier organe de manœuvre qu'on a mis à la disposition du conducteur a été la barre droite, puis est venu le guidon et enfin le volant. Ce dernier, horizontal d'abord, se place maintenant incliné comme plus commode.

Dispositif de transmission. — L'organe de manœuvre est placé sur le châssis ; les bras de connexion auxquels il s'agit de transmettre son déplacement sont solidaires de l'essieu, et par suite sont séparés du premier par des ressorts. Leur écartement varie donc avec les flexions de ceux-ci.

Il faut que le dispositif de transmission comporte une partie variable en longueur et en direction entre la dernière pièce fixée au châssis et le bras de la roue à déplacer.

A l'origine, on s'est beaucoup préoccupé de cette condition et lorsque la barre de direction, le guidon ou le volant horizontal étaient de mode, le moyen le plus simple a paru être la connexion en V, puisque alors on disposait au-dessus de la pointe un ressort à pincette dont la lame inférieure était fixée par son milieu au centre de rotation du V et la lame supérieure à la tige verticale de l'organe de manœuvre.

Certains ont adopté une chaîne reliant une couronne montée sur l'arbre du volant à une couronne montée sur le V.

Aujourd'hui on a reconnu qu'à condition d'avoir la tige de transmission à peu près horizontale sur la voiture en charge, ses variations de longueur et de direction étaient assez faibles pour être compensées par des articulations à rotules et ressorts.

Dans ces conditions, la dernière pièce de la transmission montée sur le châssis est un arc à denture hélicoïdale prolongé au delà de son axe de rotation par une queue.

Dans la denture hélicoïdale s'engage directement la vis sans fin qui termine la tige du volant incliné. La queue de l'arc denté est reliée au bras d'une des roues directrices par une tige horizontale avec articulations à rotule et ressorts. Le principe de ce système de la maison Panhard et Levassor est le seul à adopter maintenant. Les détails de construction peuvent seuls varier. Ainsi la maison Mors interpose entre la vis sans fin et la denture de l'arc une crémaillère.

L'emploi d'une vis sans fin permet d'obtenir très simplement une direction dite irréversible. Il n'y a qu'à donner au pas de la vis une inclinaison convenable pour empêcher les réactions de la route sur la roue de remonter jusqu'à la main du conducteur.

Parmi les autres dispositifs employés pour obtenir ce résultat nécessaire, on peut citer la transmission épicycloïdale de la maison Gobron et Brillée.

ROUES. — FUSÉES. — RESSORTS.

En possession d'appareil de direction sûr et prompt, il nous reste à chercher à réduire au minimum les efforts résistants à vaincre dont les principaux facteurs sont :

Le rapport entre les diamètres de la fusée et du bandage des roues, le glissement de la fusée sur la boîte du moyeu, le roulement du bandage sur la chaussée et la pression de l'air.

La pression de l'air qui varie avec le carré de la vitesse dépend encore plus des formes de la voiture que de la surface projetée sur un plan normal à la direction du mouvement. Les carrossiers chargés d'établir les caisses des voitures à allure rapide ont à étudier les formes à donner à leur arrière aussi bien qu'à leur avant.

Les moyens de diminuer le glissement de la fusée dans la boîte du moyeu exigent dans la voiture automobile plus de recherches que dans la voiture à traction animale. En effet, si le coefficient de glissement à sec diminue notablement avec la vitesse du déplacement des surfaces frottantes lisses, au contraire lorsqu'elles sont lubrifiées, leur frottement s'accroît avec cette vitesse d'autant plus que la lubrification est plus abondante; à la limite, elle croîtrait comme le carré de la vitesse.

On a d'abord employé pour les fusées et boîtes de moyeu des roues des voitures automobiles les meilleurs dispositifs usités pour les roues des voitures à traction animale : fusée lisse et boîte patent, les deux en acier cémenté.

Dès que la vitesse, dans les courses, a dépassé par trop celle des voitures à cheval les plus rapides, leurs conducteurs ont appréhendé les conséquences désastreuses d'un grippement dans le roulement acier sur acier. On a fait alors les boîtes en bronze durci, puis on est revenu aux boîtes en acier avec fourrures en bronze durci avec un peu plus de jeu entre la fusée et la fourrure, pour remédier à la dilatation plus grande du bronze par rapport à l'acier.

La grande difficulté dans la boîte « patent » appliquée aux roues de l'automobile rapide est la lubrification qui doit être suffisante mais sans excès.

Cette lubrification doit aussi pouvoir être assurée sans démontage de la roue; car la moindre saleté venant de l'extérieur peut avoir une telle influence que cette opération ne doit être confiée qu'à un ouvrier du métier, soigneux autant qu'habile.

Pendant longtemps les essais de roulement à billes, qui donnaient de si excellents résultats pour la bicyclette, ont échoué pour la voiture automobile. Aujourd'hui la question semble avoir changé de face tout au moins pour les roues directrices; toutes les difficultés de détail mieux étudiées sont résolues et la diminution du coefficient de frottement de la fusée sur la boîte est assez grande pour que le rapport des diamètres de la fusée et du bandage puisse être, sans trop d'inconvénients, réduit autant qu'il est nécessaire pour obtenir la stabilité latérale d'un véhicule exposé à virer à de si grandes vitesses.

D'un autre côté, cette diminution du diamètre des roues rend plus facile leur construction et plus grande leur endurance à l'encontre des ébranlements si violents que leur causent les aspérités de la chaussée, surtout à grande vitesse.

Les roues d'automobile se composent, comme celles de la voiture ordinaire, d'un moyeu, de rais, d'une jante et d'un bandage. Ces différentes pièces peuvent être isolément ou ensemble, soit en bois, soit en métal.

La roue en bois automobile diffère de la roue en bois des voitures ordinaires, en ce que son écuanteur est généralement très faible et souvent nul; en ce que les rais s'assemblent à un moyeu métallique comme dans les roues de l'artillerie où les rais s'assemblent, en France, à la jante comme dans les voitures ordinaires. Peut-être y aurait-il intérêt à imiter l'artillerie allemande à cet égard.

La jante en bois est conforme dans les deux genres de roues.

Dans cette roue le poids de la voiture appliqué aux moyeux est supporté par les rais qui travaillent à la compression. Les rais portant sur le sol tendent donc à s'enfoncer entre les tourtaux, les rais supérieurs, à en sortir, tirés par la jante.

Dans certaines roues métalliques on a copié les roues en bois sans tenir compte de la différence de structure des matières employées. Mieux inspirés nous semblent avoir été les constructeurs qui, dans la roue métallique, ont fait supporter le moyeu par les rais fixés à la partie supérieure de la jante qui travaillent alors à la traction. On peut donc réduire leur poids à ce qui est strictement nécessaire à l'effort supporté, alors que s'ils travaillaient à la compression, il faudrait employer un excès de matière pour éviter le flambement.

Dans ces roues, la légère déformabilité de la jante métallique constitue une sorte de suspension rudimentaire entre les aspérités du sol et le moyeu.

La grande difficulté est d'obtenir un mode de fixation des rais au moyeu et à la jante qui, tout en étant suffisamment robuste, permette de remplacer facilement un tendeur qui se briserait.

Dans les roues métalliques l'écuanteur doit être double, c'est-à-dire que les tendeurs doivent être disposés suivant la surface de deux cônes symétriques de part et d'autre du plan médian de la roue. De plus, pour éviter leur cisaillement par effort fléchissant, au lieu de les placer comme les rais en bois, c'est-à-dire suivant des rayons (comme Peugeot), il faut les disposer suivant des tangentes au moyeu (comme dans la bicyclette).

Quelle que soit la matière employée dans la construction de la roue, la pièce la plus importante est le bandage qui est en contact avec le sol.

Si nous avions le temps de faire de l'archéologie, nous décririons le bandage en bois des Égyptiens qui s'est conservé jusqu'au siècle dernier dans le comté de Foix, à en juger par les deux roues exposées par l'École vétérinaire de Foix à la Rétrospective de l'agriculture et nous parlerions du bandage en fer continu des chars de guerre gaulois trouvé dans les sépultures remontant au VIIIe siècle avant notre ère, qui a précédé les bandages discontinus encore en usage au milieu du XIXe siècle pour les voitures de roulage ou les chars agricoles.

Nous nous bornerons à rappeler que la voiture sur laquelle Levassor a fait, en 1895, son magnifique raid de Paris-Bordeaux et retour, d'où date l'ère de l'automobilisme, avait un bandage en caoutchouc plein. Après l'avoir conservé dans la course Paris-Marseille, il fut amené à l'abandonner pour le bandage pneumatique, sans lequel la vitesse n'est pas pratiquement possible.

Cette assertion mérite quelques développements.

Si l'on place sur une voiture ordinaire un seismographe, appareil qui enregistre les mouvements d'oscillation transversaux, verticaux et longitudinaux, on s'aperçoit que les oscillations transversales qu'on est porté à croire négligeables, sont au contraire plus prononcées, non seulement que les oscillations longitudinales, mais même que les oscillations verticales auxquelles on est porté à attribuer une importance capitale.

La suspension rationnelle doit avoir pour but de remédier à ces trois ordres d'oscillations.

Or, le mode de suspension adopté pour les voitures sans train, où la liaison des deux essieux a lieu par le châssis, ne permet pas d'obvier aux oscillations transversales. Telle est la cause de l'accroissement de tirage des petites voitures à bras qu'à leur grand étonnement les livreurs des grands magasins constatèrent lorsque leurs roues avec bandage en fer furent pourvues de boîtes patent qui s'opposaient aux déplacements latéraux des fusées si faciles à constater dans les chariots à graissage ordinaire où le bout de l'essieu entre et sort constamment de la boîte de moyeu.

Ce balancement d'un côté à l'autre ne peut être évité que par l'interposition d'une pièce élastique transversale : bandage en caoutchouc d'une certaine épaisseur.

Si les ressorts ordinaires mettent la partie suspendue à l'abri des oscillations longitudinales et verticales, ils laissent les roues et les essieux, qui forment une partie notable du poids transporté, exposés à toutes les trépidations résultant des chocs répétés de la jante contre les aspérités du sol. Toutes les expériences classiques de Morin et de Dupuit démontrent que plus ces chocs sont répétés, c'est-à-dire plus la vitesse est grande, plus l'effort de tirage est considérable.

En interposant des rondelles de caoutchouc entre le moyeu et sa boîte, M. G. Anthoni a mis le poids de l'essieu en dehors de la partie non suspendue, au plus grand avantage du tirage et de la douceur de la suspension.

Avec les vitesses atteintes par les automobiles, ces trépidations auraient en outre le grave inconvénient de détruire rapidement tous les assemblages des roues en bois.

Le bandage en caoutchouc doit donc être assez souple pour se mouler sur toutes les petites aspérités de la chaussée. Seul le pneumatique jouit de cette propriété.

Bien que son coefficient de frottement de roulement soit plus fort que celui du fer ou de l'acier, sa résistance totale est cependant moindre et d'autant moindre que les aspérités peu accentuées sont plus nombreuses.

La diminution de résistance dans le roulement sur routes est tellement liée à la facilité avec laquelle le bandage se moule sur les aspérités du sol, que si celui-ci est uni, pour empêcher la résistance de dépasser par trop celle que donnerait un bandage métal-

lique, il faut gonfler le pneu aussi dur que possible. La pratique des coureurs cyclistes sur piste en est la preuve.

Cette théorie succincte du bandage élastique permettra de comprendre l'inanité des recherches de ceux qui, par mesure d'économie, en vue d'éviter l'usure d'une matière aussi coûteuse que le caoutchouc, proposent de garnir la surface extérieure du pneu de protecteurs métalliques plus ou moins ingénieusement dressés ou articulés.

Ils obtiennent chèrement la légère amélioration que M. Anthoni obtient économiquement avec ses coussinets en caoutchouc.

La fabrication des bandages élastiques constitue une des industries annexes de l'automobilisme les plus florissantes. Sans elle, pas plus que le cyclisme, l'automobilisme n'existerait; mais vu le poids considérable que les bandages des voitures automobiles ont à supporter, les diamètres doivent être plus considérables, la fabrication doit être plus soignée.

Il y a deux modes principaux de fabrication: la vulcanisation après entoilage, la fabrication par simple collage.

Le premier est le seul adopté pour les pneus des automobiles relativement lourds. Les maisons Michelin (France, grand-prix), Edeline (France, médaille d'or), Compagnie Continentale de caoutchouc et gutta-percha (Allemagne, médaille d'or), les Établissements Hutchinson (médaille d'or), tiennent le premier rang. La maison Falconnet, Perrodeau et Cie se trouvait hors concours, M. Falconnet étant membre du Jury. Il en a été de même de la maison Dunlop qui fabrique surtout les bandages pneumatiques des voitures légères et de la maison Torrilhon et Cie.

Le Jury a distingué encore les maisons Loubieu (médaille d'argent), Vital-Bouhours (médaille d'argent), Oury (médaille d'argent), Frantz Clouth Rheinische Gummi Waarenfabrick (Allemagne) (médaille d'argent) et Rubber Tire Wheel C° of America (États-Unis) (médaille d'argent).

Nous ne pouvons évidemment entrer dans tous les détails de l'agrafage de l'enveloppe dans la jante, du mode de fixation de la chambre à air, de la nécessité de saupoudrer cette dernière de talc, etc.; nous nous bornerons à signaler l'importance de ces dispositifs qui jouent un si grand rôle dans les incidents de la route en réduisant les chances de panne et en augmentant les facilités de réparation.

Du moment que les roues des automobiles doivent être munies de bandages élastiques, que ces bandages, pour remplir complètement leur rôle, doivent être pour les grandes vitesses, des pneumatiques sans aucun protecteur empêchant leur usure, il importe de rendre celle-ci le moindre possible.

Le seul moyen, c'est d'augmenter leur diamètre et de diminuer la charge qu'ils ont à supporter.

En ce qui concerne l'augmentation du diamètre, l'industrie des pneus est entrée largement dans cette voie et aujourd'hui elle fabrique couramment du 90 et même du

Quant à la diminution de la charge, elle dépend et du poids total de la voiture et de la répartition de ce poids entre les deux essieux.

Le poids total tend malheureusement plutôt à s'augmenter par suite de la puissance toujours croissante du moteur, partant de ses approvisionnements en combustible et eau de refroidissement, du confort de la carrosserie, du plus grand nombre de places dont on désire pouvoir disposer.

La répartition égale sur les deux essieux reste la seule manière de réduire la charge sur les pneus des roues motrices.

Dans la voiture à traction animale, la direction se faisant par avant-train mobile, les roues d'avant doivent être d'un diamètre assez faible pour pouvoir passer sous la caisse. Dans la voiture automobile où la direction se fait par essieu brisé et où la rotation des roues directrices est limitée à 35 degrés, cette sujétion n'existe pas et les roues avant peuvent avoir un diamètre aussi grand que celui des roues arrière à la seule condition d'être suffisamment écartées de la caisse par le prolongement des essieux. Les roues égales offrent d'ailleurs l'avantage de permettre au touriste d'emporter moins d'enveloppes de rechange.

Mais l'égalité des diamètres conduirait à l'égalité des charges; or, sur certaines déclivités en pavage mal entretenu, on risquerait que les roues motrices manquassent d'adhérence sous la demi-charge.

Il faudra donc continuer à charger un peu plus les roues motrices que les roues directrices tant que ne sera pas résolu pratiquement le problème des quatre roues motrices.

Il en existe d'ailleurs déjà quelques solutions.

Avec la direction par avant-train mobile, il est facile de placer à l'avant sur un arbre auxiliaire genre de Dion et Bouton, un différentiel commandant les deux roues directrices-motrices.

L'avant-train Doré des voitures des électro-mobiles est une autre solution moins avantageuse, puisque le différentiel est placé sur l'essieu même, alors moins rigide.

Avec la direction par essieu brisé, le problème, quoique un peu plus compliqué, est cependant des plus aisés en théorie; car, du moment où la roue directrice est solidaire d'un pivot fixé à l'essieu, rien n'empêche de transmettre à ce pivot, comme dans l'avant-train mobile, un mouvement de rotation qu'une roue d'angle communiquera à la couronne dentée fixée aux rais de la roue motrice. Un coupé électrique construit par M. Jeantaud, fonctionne avec succès depuis trois ans avec un dispositif de ce genre dont tous les engrenages sont enfermés dans des carters remplis de graisse consistante.

D'ailleurs, les inconvénients de l'avant-train mobile seraient bien diminués, sinon même annihilés, si on le disposait de manière à limiter sa rotation à celle de la direction par essieu brisé, c'est-à-dire à 33 degrés, car alors, il suffirait de placer sur le côté extérieur de l'avant-train un arc denté.

Ce dispositif est employé sur les grosses voitures Leblant.

Enfin l'arrière-train pourrait être mobile dans ces mêmes conditions, comme l'avant-

IMPRIMERIE NATIONALE

train avec lequel il serait relié par un même arbre à vis leur imprimant des déplacements conjugués qui, tout en étant assez faibles, suffiraient pour obtenir la rotation de la voiture suivant un rayon aussi faible qu'on le désirerait.

La suspension des roues assurée, nous avons à passer en revue les diverses suspensions employées pour combattre les oscillations longitudinales et verticales du châssis.

Un grand nombre de constructeurs emploient pour l'avant de la voiture automobile le ressort à pincettes comme sur la voiture à traction animale où on lui trouve l'avantage de mettre, par la facilité de sa déformation longitudinale, le moteur animé à l'abri des réactions de l'avant-train sur le sol; mais justement à cause de sa déformabilité longitudinale trop aisée, le ressort à pincettes a paru au plus grand nombre des constructeurs automobilistes devoir être exclu de l'avant, car il donne alors à la direction un flottement très appréciable, presque égal à celui constaté sur la direction par avant-train.

Aussi le ressort le plus employé à l'avant est-il le ressort simple à lames, fixé à son extrémité antérieure par un boulon et à son extrémité postérieure par une jumelle.

Cependant M. Jeantaud préfère les ressorts transversaux qui permettent à chaque roue de mieux obéir aux déplacements verticaux exigés par les aspérités du sol.

Pour l'arrière des voitures à roues motrices entraînées par des chaînes, on ne saurait adopter le ressort à pincettes, car si sa déformabilité suffit pour faire flotter la direction, elle ne permet pas à l'essieu arrière le déplacement qu'exige le maintien, par une bielle d'écartement, d'une distance invariable, malgré la flexion des chaînes, entre l'essieu et l'arbre portant les pignons de commande. Là aussi le ressort doit être à simples lames, fixé par des jumelles à ses deux extrémités.

Cependant certains constructeurs, et non des moindres, ont adopté pour l'arrière de véhicules relativement lourds des suspensions à quatre ressorts dont deux transversaux liés ensemble par menottes ou doubles jumelles comme dans les voitures ordinaires.

On pourrait peut-être préférablement arriver au même résultat en interposant entre la caisse et le châssis la suspension si employée par les constructeurs américains.

La fabrication de tous ces ressorts constitue une industrie annexe qui est réunie à celle des essieux et boîtes de moyeu.

Les maisons qui travaillent pour l'automobilisme sont évidemment les mêmes que celles qui fournissent les carrossiers ordinaires et les compagnies de chemins de fer.

CHANGEMENTS DE VITESSE.

Le châssis de toute voiture automobile comporte, quel que soit le genre de moteur dont il doit être pourvu, un certain nombre d'organes qu'il importe d'étudier.

Quel que soit le moteur adopté, comme il doit être léger et peu volumineux, il devra forcément compenser par le nombre des tours l'insuffisance du couple moteur de chacun.

A moins de réduire les roues à de simples roulettes comme celles dont *la Jamais-*

Contente de M. Jenatzy était pourvue, leur vitesse de rotation ne pourra jamais être qu'une fraction restreinte de celle de l'arbre moteur. Entre les deux il faudra donc interposer un réducteur de vitesse.

De plus, selon les déclivités de la route ou les sujétions de la circulation dans les centres habités, il faut pouvoir donner à la voiture des vitesses différentes; la réduction de la vitesse de l'arbre moteur devra donc être variable si la puissance du moteur n'est pas assez souple pour suivre ces changements de vitesse.

Le réducteur variable de la vitesse s'appelle le changement de vitesse. Nul dans les voitures à moteur électrique, nul ou réduit à deux vitesses dans les voitures à moteur à vapeur, il comporte le plus souvent quatre vitesses différentes dans la voiture à moteur à mélange tonnant.

Comme celui-ci est tellement répandu qu'on peut dire que la locomotion automobile est la locomotion par moteur à mélange tonnant, le changement de vitesse a une importance exceptionnelle dans l'établissement du châssis de la voiture automobile.

Le changement de vitesse en apparence le plus simple est celui que permet la transmission par courroie. Il n'y a qu'à faire glisser la courroie sur deux cônes symétriques de manière à avoir une tension constante.

Malheureusement la courroie inclinée en sens inverse sur les deux cônes fatigue beaucoup et a une tendance à glisser.

On peut remplacer les cônes par des poulies accolées réunies par des plans inclinés; la seule difficulté que présente le transfert d'une poulie à l'autre peut être facilement résolue à l'aide d'une fourchette trapézoïdale spéciale (Léon Bollée).

Au lieu de faire glisser la courroie sur des poulies successives de diamètres différents, pourquoi ne ferait-on pas varier les diamètres conjugués des deux poulies extensibles sur lesquelles la courroie resterait constamment.

Jusqu'ici la pratique n'est pas favorable à l'emploi de la courroie dont le moindre défaut est de s'allonger peu à peu. Cependant la courroie offre certains avantages, entre autres celui de pouvoir utiliser comme mode de freinage énergique le moteur à mélange tonnant mis à la marche arrière; aussi un certain intérêt s'attache-t-il aux solutions de la poulie extensible qui ont été exposées dans la Classe 30. Jusqu'ici la poulie extensible, système Fouillaron, a été seule adaptée à une voiture automobile pratique.

Après la transmission par courroie, la plus simple à concevoir est celle d'une roulette calée sur l'arbre de transmission, entraînée par un plateau solidaire du moteur. Cette transmission a été appliquée à la voiture automobile, entre autres, par Benting et Lepape. Le plateau est vertical chez la première, horizontal chez le second. En faisant varier la distance au centre du plateau animé de la vitesse du moteur du point de contact de la roulette calée sur l'arbre de transmission, on réduira dans la proportion voulue la vitesse de ce dernier.

Ce dispositif si simple de réduction de vitesse variable n'a pas pu jusqu'ici entrer dans la pratique par suite de l'obstacle qu'apporte au déplacement de la roulette la pression énergique qu'elle doit exercer sur le plateau pour être entraînée par lui.

Peut-être qu'en constituant la roulette avec deux disques réunis à leur pourtour par un cuir de manière à former une enceinte étanche où on injectera de l'air ou des gaz brûlés sous pression, comme dans l'embrayage Crouan, on pourra réaliser un jour ce mode de transmission.

En attendant, le plus grand nombre des constructeurs qui dès l'origine ont appliqué la transmission par engrenages, ont adopté le changement de vitesse par train balladeur dans lequel un certain nombre (4 d'ordinaire) de roues dentées de diamètres différents sont fixées à un manchon pouvant coulisser sur l'arbre de transmission en face d'un même nombre de roues dentées de diamètres conjugués avec les premiers, qui sont calées sur l'arbre moteur. On ne met ainsi en prise que les deux roues qui correspondent à la vitesse désirée.

Cet appareil très simple a l'inconvénient d'exposer les dents à des chocs successifs destructeurs par le côté, si on essaye de mettre en prise deux roues qui correspondent à une vitesse par trop différente de celle que la voiture possède. Ces chocs occasionnent de plus un bruit désagréable.

Pour y obvier on a préféré laisser toutes les roues dentées calées sur l'arbre moteur avec leurs homologues folles sur l'arbre de transmission. On cale sur ce dernier la roue qui correspond à la vitesse désirée. Les chocs que ce calage peut entraîner se produisent alors sur des surfaces étudiées et travaillées *ad hoc*.

Nombreux sont les divers modèles basés sur ce système qui ont été imaginés et employés. On a fini par abandonner tous ceux où le calage n'était pas obtenu par des organes robustes et extérieurs, c'est-à-dire faciles à voir et à réparer au besoin.

A noter le dispositif d'embrayage Crouan où chaque roue folle est placée presque au contact d'un plateau fixe muni d'une chambre en cuir dont on peut augmenter le volume en y comprimant du gaz sortant des cylindres de manière à coincer la roue qu'on désire caler.

Au lieu d'avoir les roues en prise montées sur des arbres parallèles, on peut les disposer autour de la circonférence de l'arbre de transmission (système exploité par Rochet-Petit).

Dans d'autres changements de vitesse, comme par exemple, dans celui de la voiturette des frères Renault, on peut, au lieu d'engrener les roues par le côté, les présenter en face l'une de l'autre.

Dans ce cas l'arbre moteur et l'arbre de transmission sont placés dans le prolongement l'un de l'autre et chacun porte calées des roues dentées de diamètre convenable.

Ces deux arbres peuvent être reliés l'un à l'autre, l'arbre de transmission tourne alors à la même vitesse que l'arbre moteur. On peut rompre la liaison et présenter un équipage de deux roues dentées qui engrènent avec deux des roues calées respectivement sur l'arbre moteur et l'arbre de transmission dont la vitesse est alors déterminée par le rapport du nombre des dents des roues en prise.

Généralement il y a trois vitesses.

Avec la grande longueur que l'on donne maintenant aux châssis, les voitures auto-

mobiles ne peuvent plus tourner dans les rues que par une série de mouvements analogues à celui des tramways sur un terminus en triangle américain, c'est-à-dire que la voiture, pendant un certain temps, doit faire marche en arrière. D'ailleurs les règlements imposent cette marche à toute voiture pesant plus de 350 kilogrammes.

A l'origine, la maison Peugeot a obtenu la marche arrière en interposant un pignon supplémentaire entre les roues dentées de l'arbre moteur et de l'arbre de transmission correspondantes à la petite vitesse.

Les anciens établissements Panhard et Levassor ont, au contraire, longtemps adopté le dispositif suivant, déjà employé en 1878 par M. A. Bollée dans sa voiture *la Mancelle*. L'arbre de transmission se termine par une roue d'angle qu'on peut engrener d'un côté ou de l'autre avec un des deux pignons dentés portés par un train coulissant sur le différentiel.

Aujourd'hui ils semblent y renoncer et adopter le pignon auxiliaire interposé qui est devenu d'un usage général.

Notre exposé des divers systèmes de changement de vitesse serait incomplet si nous n'indiquions pas les desiderata qu'il y a encore à réaliser.

Jusqu'à présent, dans le changement de vitesse, on semble être parti de cette idée que la puissance du moteur à mélange tonnant étant constante, il fallait que la vitesse du véhicule variât en sens inverse de l'effort résistant de manière à maintenir à peu près constante la vitesse normale du moteur.

Une étude plus approfondie de ce moteur a montré au contraire que le couple moteur restant constant dans certaines limites du nombre des coups de piston par minute, la puissance du moteur croissait avec ce nombre de coups; qu'entre d'autres limites la diminution du couple moteur était plus que compensée par l'augmentation du nombre des coups et que la puissance allait encore en croissant; qu'au delà la diminution du couple moteur était telle que la puissance diminuait elle-même malgré l'augmentation du nombre des coups de piston.

Dans ces conditions, on peut imaginer que la démultiplication soit telle qu'en palier la vitesse désirée soit obtenue avec un nombre de coups de piston inférieur à celui qui correspond à la puissance maximum du moteur. En abordant alors une certaine déclivité, on devrait pouvoir, en faisant varier la multiplication, maintenir la même vitesse des roues, en augmentant le nombre des coups de piston.

La réduction variable de la vitesse de l'arbre moteur a donc pour l'automobile la même importance que la multiplication variable pour la bicyclette. La solution du problème semble plus simple pour l'automobile où on ne craint pas la multiplicité des organes comme sur la bicyclette. Cependant la question ne semble pas encore avoir préoccupé les constructeurs d'automobiles. Seuls, les inventeurs de système de poulies extensibles pourraient en ce moment présenter une solution du problème.

Jusqu'en 1900 le changement de vitesse obtenu par les dispositifs que nous venons de passer en revue avait paru un organe trop pesant, trop volumineux pour les motocycles, quadricycles et voiturettes légères.

Sur les rampes, dans les motocycles, le cavalier agissant sur les pédales fournissait le supplément de puissance nécessaire, et ce dans des proportions telles que dans la course à l'alcool de Paris-Roubaix, Cormier, montant un motocycle, n'a consommé que 0 litre 079 d'alcool carburé à la tonne-kilomètre.

A cette époque est apparue l'application aux quadricyles d'un changement de vitesse essayé jadis sur le cycle *Crypto,* par différentiel et friction des moins volumineux. D'un fonctionnement assez difficile sur le cycle où il était réduit à des dimensions trop faibles, il a été si facile à manœuvrer sur les automobiles que presque instantanément tous les constructeurs de motocycles, quadricycles, voitures légères, etc., se sont empressés de l'appliquer à ces véhicules légers en en modifiant chacun quelque peu certains détails.

Cet appareil se compose :

1° D'une roue dentée calée sur l'arbre moteur;

2° D'une couronne dentée folle sur l'arbre moteur et solidaire du pignon de commande des roues motrices;

3° D'un pignon engrenant avec cette roue et cette couronne. L'axe de ce pignon est porté par un plateau fou sur l'arbre du moteur, mais pouvant en être rendu solidaire; de plus, un frein agissant par exemple sur la circonférence extérieure du plateau peut le rendre immobile dans l'espace.

Voici comment fonctionne ce changement de vitesse :

Si le plateau est calé sur l'arbre moteur, le pignon solidaire de la roue dentée entraîne la couronne et, par suite, le pignon de commande avec la même vitesse.

En décalant le plateau, on permet à l'axe du pignon de suivre le mouvement de la roue calée sur l'arbre moteur et le pignon tourne autour de lui-même sans pouvoir vaincre la résistance de la couronne dentée. On obtient ainsi le débrayage.

Si après avoir décalé le plateau, on le rend immobile dans l'espace, l'axe du pignon ne peut plus se déplacer et le pignon, entraîné par la roue de l'arbre moteur, tourne en entraînant la couronne solidaire du pignon de commande dont la vitesse dépend alors du rapport du nombre de dents de la roue et de la couronne. On obtient ainsi la petite vitesse.

On peut évidemment n'avoir qu'un pignon (Levassor et de Boisse) ou trois pignons (Rocher-Petit). Au lieu de roues et couronnes planes (Gladiator) on peut avoir des roues et couronnes d'angles, comme dans les cycles, etc.

DIFFÉRENTIEL.

Quelle que soit la nature du moteur employé, si l'on n'actionne pas chaque roue par un moteur distinct suivant le desideratum qui, exprimé dès 1866 par le baron Séguier, a été réalisé avec le moteur à vapeur : par Michaux, en 1870, et par Turgan en 1900; avec le moteur électrique : par Kriéger, en 1898, et par Jenatzy en 1899; il faut, si l'on n'emploie qu'un moteur unique à un ou plusieurs cylindres, pouvoir répartir le

mouvement du moteur entre les roues motrices suivant les vitesses que les exigences de leur piste les forcent à prendre.

Avec les deux moteurs distincts le problème exige que l'énergie leur soit fournie de manière à leur imprimer des mouvements convenablement conjugués. La vapeur et l'électricité s'y prêtent à merveille.

Avec un moteur unique, la répartition doit se faire par un appareil mécanique faute duquel, pendant de longues années, les inventeurs ont dû recourir à la roue du tricycle motrice et directrice.

Cet appareil semble avoir été appliqué pour la première fois aux locomotives routières Aveling et Porter qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1867 et aux tricycles vélocipédiques, en 1885. C'est en principe l'engrenage satellite employé en 1828 par Onéziphore Pecqueur pour relier les deux tronçons de l'essieu arrière de son chariot sur lesquels les roues motrices étaient calées.

Chacun des tronçons portait une roue d'angle entre lesquelles pouvait tourner une couronne dentée reliée par chaîne à l'arbre moteur. Des pignons d'angle fous sur les rayons de cette couronne engrenaient avec les dentures des deux couronnes. Lorsque rien n'empêche une des deux roues de prendre la même vitesse que l'autre, les deux couronnes dentées réunies par les pignons tournent ensemble. Si une cause quelconque entraîne le ralentissement d'une des roues motrices, les pignons tournent autour de leurs pivots de la quantité nécessaire à la vitesse relative des deux roues d'angle.

Si le principe a été conservé, les détails ont été modifiés par les constructeurs; les roues et les pignons d'angle peuvent être remplacés par des roues et des pignons droits. La position relative de ces divers organes peut être modifiée, etc.

La fabrication des différentiels est une de celles qui font la réputation de maisons construisant des pièces détachées pour bicyclettes, voiturettes, etc. Entre autres, la maison Malicet et Blin (médaille d'argent); Chavanet, Gros, Pichard et Cie (médaille d'argent).

La position adoptée par Pecqueur n'a été conservée que sur les véhicules assez légers pour que l'effort fléchissant supporté par l'essieu puisse être combattu par le boulonnage des deux plateaux du carter.

Dans la plupart des voitures lourdes, les constructeurs placent le différentiel sur un arbre intermédiaire parallèle à l'essieu dont chaque extrémité porte le pignon de commande de la couronne, soit fixée aux rais de la roue motrice correspondante s'ils sont en bois, soit calée sur le moyeu si la roue est à tendeurs métalliques. Ces deux pièces étant séparées par des ressorts, leur liaison ne peut se faire que par un organe déformable, au moins en direction. Généralement, c'est une chaîne qui relie ces deux organes dentés. Il faut alors assurer la constance de la longueur en reliant par une bielle d'écartement l'arbre intermédiaire et l'essieu. Ce dernier doit donc pouvoir se déplacer par rapport au châssis, comme nous l'avons dit à propos de la suspension.

D'autres constructeurs, comme la maison de Dietrich, préfèrent la transmission acatène par un arbre portant à ses deux extrémités des roues d'angle; mais alors, pour com-

penser les déplacements relatifs des deux axes, l'arbre de transmission porte un joint à la Cardan.

La maison de Dion et Bouton a adopté un autre dispositif. Les fusées de l'essieu autour desquelles tournent les roues motrices, au lieu d'être pleines comme à l'ordinaire, sont creuses de manière à donner passage aux extrémités de l'arbre intermédiaire portant le différentiel qui est alors placé au-dessus de l'essieu fortement coudé.

Comme dans la transmission de Dietrich, les extrémités de cet arbre intermédiaire portent un joint à la Cardan.

Pour relier la roue motrice à l'extrémité de l'arbre intermédiaire, la maison de Dion et Bouton emploie deux systèmes suivant qu'il s'agit de roues à tendeurs métalliques de motocycles et de voiturettes ou de roues à jante de bois de voitures lourdes.

Dans les premières, le bout extérieur du moyeu est calé sur l'extrémité de l'arbre intermédiaire. Dans les secondes, cette extrémité porte des bras ou entraîneurs reliés à la jante ou plutôt à un rai dans le voisinage de la jante.

Après avoir, à défaut du différentiel, cherché en vain pendant longtemps toute une série de dispositifs pour le remplacer, aujourd'hui qu'on le possède, on pourrait croire que les inventeurs se bornent à en modifier les détails. Il n'en est rien.

Ainsi la maison Brouhot supprime le différentiel et place dans chaque moyeu des roues calées sur l'essieu, un encliquetage qui permet à chacune de conserver une vitesse plus grande que l'autre si celle-ci est retardée. C'est simplement du reste l'application à l'automobile d'une solution du problème de la roue libre qui passionne en ce moment le monde des cyclistes.

Dans un tricycle qui tourne, chaque roue de l'essieu arrière tourne avec une vitesse proportionnelle à sa distance au centre de rotation, déterminé par la rencontre de l'essieu arrière et de la fusée de la roue avant prolongée.

Inversement, si, laissant la roue avant folle, on imprime aux deux roues arrière des vitesses différentes, le tricycle tournera autour d'un centre de rotation tel que ses distances aux deux roues soient proportionnelles à leurs vitesses et la roue avant s'orientera automatiquement de manière à ce que sa fusée prolongée vienne passer par ce point.

Si donc la roue avant est folle autour de l'axe de sa fourche et si les deux roues arrière sont reliées par un différentiel dont la couronne est entraînée par le moteur, il suffira de faire agir sur la couronne dentée correspondante à chaque roue motrice, un frein à lame qui permet d'en retarder le mouvement.

Ce dispositif, applicable à tous les moteurs, peut être modifié lorsqu'il s'agit du moteur électrique dont on peut si facilement régler la vitesse en introduisant des résistances dans le circuit. On peut alors actionner chaque roue calée sur l'essieu portant le différentiel, par un moteur spécial. Lorsqu'on veut aller en ligne droite, on imprime la même vitesse aux deux moteurs et les roues sont solidarisées par le différentiel. Si on veut tourner à gauche, par exemple, on diminue la vitesse du moteur de gauche ou on augmente la vitesse du moteur de droite. Tel est le principe de la direction adoptée par M. Vedovelli pour sa voiture électrique à trois roues.

FREINAGE.

Il est enfin un dernier organe du châssis indépendant du choix du moteur qui a pour but d'assurer le freinage des véhicules indispensable, aussi bien pour la sécurité des voyageurs sur les déclivités que pour celle des tiers même en palier.

L'action du frein peut être exercée sur une couronne montée en un point quelconque de la transmission solidaire du châssis. Généralement, on préfère la placer sur la couronne du différentiel.

Le plus souvent, il est disposé de telle sorte qu'il entre en action lorsqu'on pousse à fond la manœuvre du débrayage effectuée par pédale.

Ce frein est généralement à lame ou à mâchoire; il peut alors agir facilement dans les deux sens, c'est-à-dire empêcher aussi bien le véhicule de reculer dans une rampe que d'avancer dans une pente.

Comme l'organe déformaable de la transmission aux roues motrices peut, ou se briser, ou se détacher, il est essentiel d'avoir un mode de freinage agissant directement sur les roues motrices.

Avec les bandages élastiques que nous avons vus être indispensables à la voiture automobile rapide, il ne saurait être question du patin frottant sur le bandage.

Quelques-uns le placent cependant sur leurs voitures; mais ils le considèrent comme un frein de fortune pour les cas désespérés.

Le mode de freinage habituel sur les roues est manœuvré avec un levier et dérive du frein à corde du commandant Lemoine employé sur les omnibus. Il agit le plus souvent sur des couronnes placées latéralement aux couronnes dentées de commande de roues motrices.

La seule sujétion que présente ce freinage, c'est la parfaite simultanéité d'action des freins sur les couronnes de chaque roue. Il doit aussi évidemment pouvoir agir dans les deux sens. Cette seconde condition facile à réaliser avec les freins à lame et à mâchoire, l'est beaucoup moins avec les freins à corde.

Il ne faut pas perdre de vue que le bandage élastique ne pouvant pas être serré en même temps que le moyeu, comme dans les omnibus, l'emploi du frein n'agissant que sur le moyeu, expose les rais à des flexions dangereuses. Il faut donc être très réservé dans l'emploi de ce frein.

La maison Lehut (médaille de bronze) se livre spécialement à la fabrication des freins.

GRAISSAGE.

La plupart des organes que nous venons de passer en revue comportent des articulations ou des axes de rotation qui ont besoin d'un graissage parfait dont la continuité ne peut qu'augmenter l'heureuse influence. De là, une des industries annexes les plus

importantes et les mieux représentées à l'Exposition de 1901 : graisseurs automatiques, coups de poing, etc.

Ce jury a particulièrement distingué les maisons Henry (médaille d'argent), Lefebvre (médaille de bronze).

De même la fabrication des huiles et graisses spéciales pour les automobiles constitue une annexe fort intéressante.

ÉCLAIRAGE.

La vitesse à laquelle marchent normalement les voitures automobiles rend encore plus nécessaire que pour les voitures à traction animale l'emploi des lanternes à lumière intense. Cette industrie annexe de la carrosserie a dû prendre un nouvel essor pour satisfaire aux besoins spéciaux de l'automobilisme en tirant partie de la lumière électrique, du gaz acétylène, etc. Le Jury a particulièrement distingué dans cette industrie la maison Ducellier et Cie (hors concours).

Blériot (médaille de bronze).

MOTEURS.

Pour compléter le châssis, il ne reste plus qu'à y placer un moteur léger et peu volumineux utilisant une source d'énergie facile à se procurer en cours de route.

Jusqu'à présent, pour l'automobilisme, les seuls moteurs qui réalisent les desiderata du touriste sont le moteur à vapeur à chaudière chauffée avec des combustibles liquides et le moteur à mélange tonnant à essence ou à alcool carburé.

Sur les voitures destinées aux courses des hommes d'affaires, dans un périmètre déterminé, on peut à ces moteurs adjoindre le moteur électrique alimenté par des accumulateurs.

Enfin, les véhicules employés dans les services réguliers de l'automobilisme industriel, utilisent, en outre, le moteur à vapeur avec chaudière chauffée aux combustibles solides ou les moteurs à air ou à gaz acide carbonique comprimés.

Cependant dans l'étude des voitures automobiles exposées dans la Classe 30, nous nous bornerons à l'étude des moteurs à vapeur, à mélange tonnant et électrique.

MOTEURS À VAPEUR.

Nous commencerons par le moteur à vapeur, le premier en date, comme nous l'avons vu dans l'historique des inventions successives.

L'étude de ce moteur comprend trois parties distinctes : la production de l'énergie calorifique, sa transformation en vapeur d'eau, l'utilisation de celle-ci dans le moteur.

La production de l'énergie calorifique s'obtient dans une enceinte spéciale — le fourneau — où le combustible adopté est mis en présence de l'air à une température convenable.

La concentration de l'énergie calorifique dans un fluide élastique s'obtient dans une enceinte spéciale — la chaudière — où l'eau est transformée en vapeur à la pression voulue.

La pression du fluide élastique ainsi obtenu est employée dans une autre enceinte — le cylindre — à imprimer un mouvement alternatif à un piston relié par une bielle à un coude ou une manivelle de l'arbre moteur.

Pour obtenir un moteur aussi léger et aussi peu volumineux que possible, il faut que la vapeur à haute pression imprime à un piston de faible diamètre un grand nombre de coups de piston par minute.

La limite de la pression dépendra non seulement de la résistance des parois des diverses enceintes, mais aussi de la nécessité de ne pas dépasser pour la vapeur une température destructive du graissage des tiroirs de distribution et des stuffing-box.

Pour porter cette température au maximum, M. Serpollet a renoncé aux cylindres à double effet des machines à vapeur ordinaires et a adopté des cylindres à simple effet où la vapeur est introduite et expulsée par des soupapes.

En général, les constructeurs s'arrêtent en ce moment à 18 et 20 atmosphères, comme la maison de Dion et Bouton.

Avec cette pression initiale, pour obtenir une bonne détente, sans une longueur exagérée de la course, il faut recourir au moteur compound, comme les maisons de Dion et Bouton, Turgan, Leblant, etc.

Avec ce moteur, on peut, en certaines circonstances, envoyer la vapeur à haute pression dans le grand cylindre et donner ainsi des coups de collier dont la durée dépend du pouvoir vaporisateur de la chaudière.

Cependant les maisons Scotte, Chaboche ont conservé le moteur à plusieurs cylindres accouplés sans compoundage.

Les cylindres sont horizontaux dans les voitures des constructeurs cités en premier. Ils sont verticaux dans les voitures des seconds.

Le nombre de coups, par seconde, atteint trois cents et dépasse même six cents par minute.

Le générateur Serpollet est trop connu pour que nous ayons à insister sur sa constitution. Nous nous bornerons à faire observer que dans cette chaudière le volant thermique est constitué par le métal des tubes dont le poids est relativement plus élevé que celui d'un volant thermique constitué par de l'eau, vu la différence des coefficients de chaleur spécifique.

La plupart des chaudières à vapeur pour voitures automobiles sont à tubes d'eau qui, en facilitant la circulation de l'eau, en favorisent assez la vaporisation rapide pour permettre de réduire le poids de l'eau portée à haute température.

La chaudière verticale circulaire de Dion et Bouton à tubes presque horizontaux reliant deux enceintes concentriques remplies d'eau, est un des types les meilleurs, ainsi que la chaudière Niclauss, améliorée par Turgan, où les tubes sont verticaux.

Il en est de même à peu près dans la chaudière Thornycroft.

La chaudière Field à tubes plongeant dans la flamme est employée avec quelques améliorations sur les voitures Scotte.

La chaudière à groupes de tubes d'eau enroulés en solénoïde est utilisée par M. Chaboche.

La plupart des Américains (Stanley) et des Anglais (Leyland) sont restés fidèles à la chaudière verticale à tubes de flammes.

La constitution du fourneau est différente suivant qu'il s'agit de combustible solide répandu sur une grille ou de combustible liquide amené à l'extrémité d'un brûleur. Le mode d'alimentation du combustible et d'introduction de l'air, diffèrent encore bien plus suivant ces deux cas.

La sujétion de l'introduction graduelle du combustible solide peut être diminuée par l'adoption d'une trémie où on emmagasine à la fois une certaine quantité de combustible lorsque celui-ci n'est pas volatilisable comme le coke.

Cette trémie peut être centrale (de Dion et Bouton) ou latérale (Valentin-Purey), etc.

L'alimentation des brûleurs de combustible liquide peut se faire sous pression à peu près constante, le volant thermique étant alors constitué par la partie métallique des diverses parties de la chaudière et l'eau qu'elles renferment.

Elle peut aussi, en vue de diminuer le poids du volant thermique, être en rapport avec la quantité de vapeur à produire (Serpollet). L'alimentation de la chaudière et des brûleurs se fait alors par des pompes conjuguées envoyant respectivement le combustible et l'eau dans des conduits aboutissant aux brûleurs ou au générateur et à des réservoirs clos.

Suivant que la machine consomme plus ou moins de vapeur, l'eau et la quantité correspondante de combustible qui sont refoulées d'une manière constante par leurs pompes respectives arrivent en entier au générateur et aux brûleurs, sont refoulées en partie dans les réservoirs ou, au contraire, ceux-ci fournissent le supplément nécessaire.

Ce dispositif existe dans la voiture à vapeur Serpollet. On le retrouve à peu près dans la voiture Chaboche.

Pendant la marche, la manœuvre des pompes se fait par la machine elle-même.

Pour la mise en pression ou pendant les arrêts, ou lorsque les pompes automatiques sont dérangées, l'alimentation se fait par des pompes mues à la main.

La fabrication des brûleurs constitue une des industries annexes de la Classe 30. La maison Longuemare (médaille d'argent) se distingue dans cette spécialité.

Pour rendre le moteur à vapeur utilisable par les voitures automobiles d'agrément, il ne suffit pas de dispenser le touriste de l'obligation de brûler un combustible sale et encombrant, il faut aussi le mettre à l'abri de tous les ennuis qui résulteraient souvent pour lui de la difficulté de se procurer une eau d'une pureté suffisante.

La possibilité de recupérer l'eau dont la vapeur a agi sur le piston est un des avantages de l'emploi du combustible liquide. On a mis à profit les radiateurs ou conducteurs de surface en usage pour l'eau de refroidissement des moteurs à essence

pour condenser la vapeur sortant des cylindres au lieu de l'envoyer dans la cheminée où elle n'était plus utile pour obtenir le tirage forcé avec le combustible liquide brûlé sous pression.

Bien que l'emploi des huiles minérales pour la lubrification des cylindres et soupapes de distribution mît à l'abri des corrosions des parois des chaudières causées par les acides organiques des huiles entraînées par la vapeur condensée, il fallait se prémunir contre les coups de feu que pouvait causer la trop grande abondance d'huile minérale s'étalant sur les parois de la chaudière.

M. Serpollet, outre la décantation de l'eau condensée à la surface de laquelle l'huile minérale tend à remonter, la fait filtrer sur de la limaille de fer qui retient par adhérence les quelques gouttelettes d'huile minérale qui resteraient en suspension.

MOTEUR À MÉLANGE TONNANT.

Dans le moteur à mélange tonnant la production d'énergie calorifique et sa transformation en énergie motrice se fait dans une seule et même enceinte, ou du moins dans deux enceintes en large communication puisque le piston qui forme paroi mobile de l'enceinte où a lieu l'explosion, se déplace dans un cylindre accolé à cette enceinte.

Le moteur à mélange tonnant employé à peu près exclusivement aujourd'hui sur les voitures automobiles, est du type dit *à quatre temps,* dont le mode de fonctionnement est le suivant :

Dans une chambre close appelée culasse, on comprime le mélange tonnant qu'on enflamme un peu avant que la pression soit maximum. Sous l'action de l'explosion, le piston qui forme la paroi mobile de l'enceinte, se meut dans un cylindre en poussant une bielle, reliée à un coude d'un arbre moteur pourvu d'un volant. Sous l'influence du mouvement acquis, le piston revient en arrière, expulsant les gaz de la combustion qui sortent par une soupape dite d'évacuation s'ouvrant mécaniquement. Arrivé au bout de sa course arrière, le piston reprend sa marche en avant et aspire le mélange tonnant que, dans sa seconde course en arrière, il comprime. Au terme de ce quatrième temps, tout est prêt pour qu'une nouvelle inflammation produise un nouveau cycle.

L'étude du moteur à mélange tonnant comprend : la formation du mélange tonnant, son mode d'inflammation, l'utilisation de la pression de gaz produits, leur évacuation après cette utilisation.

Le mélange tonnant employé dans les moteurs des voitures automobiles ne pourrait être, comme celui des moteurs fixes, obtenu avec le gaz d'éclairage qu'on comprimerait alors dans des récipients, car on aurait un approvisionnement trop lourd.

Ce système n'a été utilisé en Allemagne et tenté en France que pour les voitures de tramways.

L'emploi du pétrole lampant, qui rendrait le ravitaillement peut-être plus commode, et dont, en tout cas, l'approvisionnement ferait courir moins de danger d'incendie, a été tenté entre autres sur les voitures Koch. Il ne s'est pas répandu, bien que le chauffage

préalable nécessaire pour lui donner la volatilité, parut pouvoir se combiner facilement avec l'inflammation par tubes incandescents.

Aujourd'hui que ce mode d'inflammation, jadis si prôné, tend à disparaître, nous craignons fort que l'emploi du pétrole lampant ne réussisse pas à s'implanter, sauf cependant pour les voitures utilisées pour les transports militaires où il sera peut-être indispensable.

Dès l'origine, le moteur à mélange tonnant a si exclusivement utilisé l'essence de pétrole, qu'on l'appelle couramment moteur à essence.

Depuis quelque temps un grand mouvement d'opinion s'est dessiné en faveur de la substitution de l'alcool pur ou mélangé avec divers hydrocarbures. A l'Exposition, n'ont figuré que de rares moteurs (Martha; Lepape) marchant avec ce nouveau produit. Depuis, de nombreux concours ont été organisés et on s'est aperçu que tous les moteurs pouvaient l'utiliser sans inconvénient sensible pour leur rendement.

Quel que soit le combutible employé, il faut en mélanger les vapeurs avec un volume déterminé d'air. Ce mélange plus ou moins parfait est produit par un appareil appelé *carburateur*.

A l'origine, l'air était aspiré par la dépression du moteur à travers l'essence dont il sortait en se chargeant de parties volatiles. C'était la carburation par barbotage, entraînement, etc.

Ce système rudimentaire est encore conservé comme le plus simple, sur les motocycles par exemple. Il fallait introduire dans ce mélange comme dans le gaz d'éclairage des moteurs fixes une quantité déterminée d'air pur.

Ensuite, on a adopté des appareils où l'essence arrivait dans le courant d'air produit par l'appel du moteur en quantité variable d'après la dépression. L'essence et l'air étaient ensuite brassés par des chicanes. C'est la carburation par pulvérisation.

Enfin, depuis quelque temps, la quantité d'essence introduite dans le courant d'air est constante par suite de l'emploi d'un distributeur à alvéoles.

Pour distinguer ces deux carburateurs à pulvérisation, nous appellerons le premier carburateur à giclage; le second, carburateur à distribution.

Ce dernier est employé sur la voiture Gobron-Brillée.

La fabrication des carburateurs constitue une industrie annexe des plus importantes où la maison veuve Longuemare et fils s'est acquis une juste renommée qui lui a fait attribuer par le Jury une médaille de bronze.

Le mélange tonnant obtenu et comprimé, il s'agit d'en porter une partie à une température suffisante pour en entraîner l'explosion. Le système le plus usité autrefois était le tube en platine, dont un brûleur spécial portait un point au rouge blanc. Ce point était déterminé par l'avance normale que l'on désirait donner à l'allumage, sa position était fixée par le degré de compression qu'il fallait exercer sur les gaz brûlés restant dans le tube pour les refouler à l'extrémité postérieure du tube et faire arriver le mélange tonnant en contact avec la partie blanche du tube.

La conductibilité du platine ne permettait pas de donner au point incandescent une position bien nette, et dès lors de faire varier l'avance à l'allumage en déplaçant le brûleur.

Pour obtenir par ce procédé l'avance variable, quelques constructeurs (Koch, médaille d'argent, par exemple) ont tenté de remplacer le tube en platine par le tube en porcelaine; mais la porcelaine est une substance qui casse par un refroidissement ou un échauffement trop brusque, et la pratique n'a pas, jusqu'ici, sanctionné ce procédé.

D'ailleurs, l'allumage électrique est aujourd'hui généralement employé justement à cause de la facilité avec laquelle il procure l'avance à l'allumage variable.

L'allumage électrique comprend plusieurs parties intéressantes : 1° la bougie qui permet aux fils conducteurs du courant de traverser la paroi de la culasse ; 2° les points entre lesquels on fait éclater l'étincelle ; 3° la nature de cette étincelle ; 4° la source de l'énergie électrique employée.

La bougie doit être en matière isolante, susceptible de se dilater et de se contracter sans risque de se briser. La porcelaine, le mica, etc., sont employés à cet effet.

A l'origine, on faisait éclater l'étincelle entre la paroi métallique de la culasse et une pointe du fil de platine logé dans la bougie. La moindre saleté suffisait pour empêcher l'étincelle. On a remplacé la pointe par une petite boule logée dans un tube, l'étincelle pouvant éclater en un point quelconque de cette boule et de la paroi du tube. On a complété ce dispositif en le plaçant à l'extrémité d'un conduit aboutissant à une cavité assez grande pour que le courant alternatif des gaz inertes comprimés et décomprimés suffise pour enlever les saletés qui tendraient à se déposer entre le tube et la boule.

L'étincelle d'induction est le plus souvent employée, le courant est alors fourni par une bobine alimentée soit par une pile sèche, soit par un petit accumulateur.

L'étincelle de rupture est préférée par quelques constructeurs (Mors).

La fabrication de toutes ces parties de l'inflammation constitue une industrie annexe qu'exploitent un certain nombre de maisons dont les plus connues sont : Société Le Carbone (hors concours), Bassé Michel (médaille d'argent), Gianoli et Lacoste, (mention honorable), Guené (médaille de bronze).

La maison Dinin fabrique spécialement des accumulateurs pour allumage.

Certains constructeurs (Mors, en France, Daimler, en Allemagne) remplacent les accumulateurs par une magnéto mise en mouvement par le moteur lui-même.

L'explosion ne dépendant plus que du moment où jaillit l'étincelle, on peut faire varier l'avance à l'allumage soit à la main, comme dans les motocycles et quadricycles, en déplaçant la came, soit automatiquement, comme dans les grosses voitures, en conjuguant la position de la came avec les déplacements du régulateur de vitesse.

La compression préalable de mélange tonnant qui a une importance dans le rendement du moteur doit être telle qu'elle ne puisse, combinée avec la température de l'intérieur de la culasse, produire l'explosion spontanée.

Cette compression varie forcément avec la nature des éléments combustibles contenus

dans le mélange. Comme elle dépend des volumes relatifs de la culasse et du cylindre, on conçoit aisément qu'un moteur établi de manière à obtenir un rendement maximum avec un mélange déterminé, ne donnera plus des résultats aussi favorables avec un autre mélange.

C'est ce qui enlève un peu d'intérêt aux essais comparatifs de marche à l'alcool ou à l'essence pratiqués jusqu'ici avec les moteurs établis pour l'essence. C'est peut-être l'étude méthodique de la compression et de la détente favorables à chaque mélange qui fournira la solution du différend existant entre les partisans de l'alcool et les techniciens ne se basant que sur les différences du nombre des calories produites par la combustion d'un même poids de l'essence et de l'alcool.

Le mélange est admis dans la chambre d'explosion par une soupape qui pendant longtemps s'ouvrait et se fermait automatiquement. Ce mécanisme des plus simples ne fonctionne pas toujours avec la rapidité nécessaire et notamment lorsque le piston revient en arrière, la soupape ne se referme pas assez vite pour empêcher le refoulement dans la conduite d'amenée d'une certaine quantité de mélange tonnant entraînant un peu de la vapeur d'eau produite dans l'explosion précédente. Si bien que pendant l'hiver, sous l'influence de l'évaporation de l'essence produite par l'aspiration ultérieure, cette humidité s'y congèle et finit par obstruer cette conduite d'amenée.

De nombreuses pannes dues à cette cause ont conduit certains constructeurs à supprimer l'automaticité de la soupape d'aspiration et à la manœuvrer mécaniquement comme la soupape d'évacuation à l'aide d'une tige mue par la tige du piston.

Ces deux soupapes doivent être disposées de manière à être facilement accessibles au regard et à la main pour offrir la plus grande facilité d'obvier aux inconvénients résultant de leur coinçage sur leur siège ou de saletés s'opposant à leur fermeture complète.

Les parois de la chambre d'explosion, qui ont à supporter les efforts de l'explosion, doivent être construites avec des épaisseurs convenables, mais leur surface intérieure n'a pas besoin d'être polie. D'ailleurs l'action des gaz chauds aurait bien vite fait de détruire cette préparation. Au contraire, le cylindre dans lequel se meut le piston doit être alésé le mieux possible.

Pour éviter que les gaz chauds de l'explosion n'en détériorent le poli, certains inventeurs ont exposé des moteurs où le piston était prolongé au delà de la partie alésée du cylindre en forme de demi-sphère, de manière à former avec la culasse une chambre close pour l'explosion.

La réunion du cylindre et de la culasse doit être aussi étanche que possible. On préfère même les couler d'une seule pièce.

Cependant il existe des moteurs d'une puissance restreinte où la culasse et le cylindre sont reliés par tiges et boulons, surtout dans ceux où le refroidissement par eau est limité à la culasse.

La construction du piston du moteur à essence pour voiture automobile ne diffère pas de celle du piston du moteur fixe. Il en est de même de la bielle, du volant et du coude de l'arbre moteur.

Toutefois, dans la voiture automobile, ce que l'on doit se préoccuper d'obtenir, c'est la légèreté et le peu d'encombrement. D'un autre côté, on doit non moins éviter que la poussière ou la boue ne puissent atteindre les organes essentiels du mécanisme.

Dès lors, on doit les enfermer dans un carter où la tête de la bielle frappera contre l'huile et la fera réjaillir sur la paroi.

Ce carter doit servir de châssis au moteur qui y sera boulonné. Pour l'avoir plus léger on emploie l'aluminium ou un alliage de ce métal pour lui donner plus de résistance.

M. Partin s'est acquis une certaine réputation pour ses recherches sur ces alliages, mais depuis quelque temps on reproche à ce métal divers mécomptes qui tiennent peut-être à ce qu'on a par trop élégi le carter surtout aux abords des paliers des portées de l'arbre moteur.

A l'origine, où l'on reculait devant la puissance un peu forte du moteur, pour avoir moins de poids, on a réduit au minimum le volant qui était alors impuissant à assurer la régularité de marche d'un moteur aussi brusque.

Cette insuffisance du volant a dû être, pour beaucoup de constructeurs, la cause de l'adoption de la courroie comme organe de transmission entre l'arbre moteur et l'arbre du changement de vitesse.

Refroidissement. — Du moment que l'énergie calorifique est produite et transformée en énergie motrice dans la même enceinte, la température de celle-ci doit s'élever considérablement.

Pour maintenir les parois du cylindre où se meut le piston à une température ne décomposant pas le lubrifiant, on a dû rechercher les moyens d'enlever l'excès de calorique que chaque explosion produisait.

Dans les moteurs de faible puissance, placés sur des véhicules rapides, le renouvellement de l'air en contact avec les parois extérieures a paru suffisant, surtout en augmentant la surface de ces parois par des ailettes venues de fonte. Ce procédé de refroidissement, notamment dans les moteurs Gaillardet, a été appliqué à des moteurs de six chevaux-vapeur.

Dans certaines voiturettes (Georges Richard) et motocyclettes (Jochum) on a augmenté l'action refroidissante des ailettes en y envoyant un courant d'air créé par un ventilateur monté sur le volant du moteur.

Pour les moteurs plus puissants, il a fallu, quelle que fût la vitesse, renoncer au simple refroidissement par ailettes et on a eu recours au refroidissement par l'eau, soit en la vaporisant au contact des parois chaudes (A. Bollée, de Dietrich), ce qui maintenait le moteur à la température constante de 100 degrés, soit en l'échauffant simplement et en la faisant circuler ou par différence de densité, principe du thermosiphon appliqué par les maisons Renault frères, Créanche, Hurtu, etc., ou par l'action d'une pompe rotative (Peugeot, Panhard et Levassor, etc.) à engrenages (Mors).

Dans le premier cas, l'eau vaporisée était condensée puis retournait au moteur, ou était remplacée par de l'eau froide.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Dans le second cas, l'eau échauffée se renouvelait par la gravité, étant remplacée par l'eau qui s'écoulait d'un réservoir placé au-dessus.

Dans le troisième cas, l'eau était constamment maintenue en circulation autour du moteur, par une pompe centrifuge actionnée directement par le volant du moteur (Panhard et Levassor, Peugeot).

Avec tous ces systèmes, il fallait renouveler l'approvisionnement d'eau froide tous les 40 kilomètres, si on ne voulait pas voir par trop baisser le rendement du moteur. Même en course, Levassor était obligé de s'arrêter tous les 100 kilomètres.

La maison Peugeot eut l'idée de refroidir l'eau au sortir du moteur en la faisant passer dans les tubes formant le châssis.

Dès 1896, dans la course Paris-Marseille, la maison Delahaye préféra obtenir ce refroidissement par des radiateurs ou tubes spéciaux bien exposés au courant d'air produit par le déplacement rapide du véhicule. Le succès de cette tentative fut tel qu'aujourd'hui on peut dire que toutes les voitures automobiles sont pourvues de radiateurs. Chose singulière, de toutes les voitures engagées dans le concours des voitures de tourisme en 1900, seule la voiture Delahaye (1re catégorie) manquait de radiateurs.

La meilleure preuve qu'on puisse donner de l'heureuse influence des radiateurs, c'est que dans la course Paris-Toulouse, la voiture Mors, classée la première, a fait 700 kilomètres sans renouveler son approvisionnement d'eau de refroidissement qui n'était cependant que de 27 litres.

La fabrication des radiateurs constitue une industrie annexe spéciale où la maison Grouvelle et Arquembourg a obtenu une médaille d'argent; le refroidisseur Loyal, une médaille d'argent, etc.

Il en est de même de la fabrication des pompes destinées à assurer la circulation de l'eau. Elles ne sont pas toutes exclusivement centrifuges. Quelques constructeurs (de Dion et Bouton, Mors) préfèrent la roue à engrenages à débit constant par tour quelle que soit la vitesse.

La position de la pompe sur la voiture a quelque peu varié. A l'origine, placée en dessous du volant, elle supportait toutes les ruades des animaux renversés par la voiture. Aujourd'hui, on préfère la placer plus haut, mais en dessous du réservoir placé au-dessus du moteur.

En étudiant l'heureuse influence du refroidissement, on s'est aperçu que le bon rendement du moteur dépendait encore plus de la basse température de la culasse que de celle du cylindre.

Dès avant 1900, la maison Mors avait des moteurs de dix chevaux dont la culasse seule était refroidie par un courant d'eau alors que, pour rafraîchir le cylindre, on se contentait des ailettes.

Ce système mixte a surtout été appliqué depuis 1900 pour augmenter le rendement des moteurs de motocycles qui, refroidis par ailettes, faisaient 2 chevaux et qui, avec le refroidissement par eau de la culasse, ont pu être adaptés à des quadricyles ou voiturettes légères comme faisant 2 chevaux 1/2.

Actuellement, tous les petits véhicules sont pourvus de ce refroidissement restreint rendant la construction du cylindre moins coûteuse. Il a en outre permis de leur appliquer un changement de vitesse d'autant plus facilement que le dispositif par différentiel et friction décrit plus haut était moins lourd et surtout moins volumineux que le moindre train balladeur.

Refroidissement par un courant d'air axial. — Pour augmenter l'action refroidissante de l'air sur le mélange tonnant et les gaz brûlés, on a eu l'idée de le faire agir non plus sur les parois de la culasse et du cylindre, mais bien sur la paroi du piston et de sa tige qui sont creuses.

L'inventeur de ce système a rendu hermétiquement étanche le carter de l'arbre moteur et des bielles. Dans ces conditions, lorsque le piston est chassé par l'explosion, l'air renfermé dans le carter est comprimé et s'échappe au dehors par la tige du piston qui traverse la paroi de la culasse par un stuffing-box.

Lorsque, au contraire, le piston revient en arrière, il crée dans le carter une dépression qui appelle l'air extérieur par la même tige de piston.

Il paraît que le refroidissement ainsi obtenu est très énergique et même si énergique que les adversaires de ce système prétendent que l'explosion du mélange tonnant est compromise.

D'ailleurs, on ne saurait recommander un dispositif qui transforme le carter destiné à mettre à l'abri de la poussière les têtes de bielles en un réceptacle de toutes les saletés de la route. L'inventeur du reste a fini par s'en convaincre lui-même, car à la dernière exposition du Grand Palais, son fameux moteur était simplement refroidi par circulation d'eau.

Régulation. — Pour les moteurs de faible puissance employés pour les motocycles et quadricycles, voire même les voitures les plus légères, la régulation de la vitesse s'obtient à la main, soit en agissant seulement sur l'avance à l'allumage, soit en étranglant simultanément l'aspiration.

Pour les moteurs plus puissants des voitures plus lourdes, on préfère la régulation de la vitesse automatique obtenue en conjuguant avec les déplacements d'un régulateur à force centrifuge les déplacements de la came déterminant l'allumage ainsi que la manœuvre de la soupape d'évacuation ou l'étranglement de la conduite d'aspiration.

Quand le régulateur à force centrifuge agit sur un papillon étranglant la conduite d'amenée du mélange tonnant, la régulation est dite *progressive*. Elle est dite *par tout ou rien* lorsque le régulateur à force centrifuge est utilisé pour empêcher la soupape d'évacuation de s'ouvrir et les résidus de l'explosion de sortir lors du retour en arrière du piston.

Dans les moteurs où la soupape d'aspiration n'est pas automatique et est manœuvrée mécaniquement, on peut avoir la régulation par tout ou rien sur l'aspiration. De même dans les moteurs où l'essence passe par un distributeur à alvéoles où il suffit de l'empêcher d'arriver.

Les deux systèmes de régulation par tout ou rien et progressive ont leurs partisans et leurs adversaires. Leur opinion différente tient peut-être au moteur qu'ils envisagent. La régulation par tout ou rien semble, en effet, devoir être évitée sur les moteurs monocylindriques comme trop brutale, et devoir être adoptée sur les moteurs quadricylindriques où les inconvénients des secousses brutales imprimées au moment où l'explosion reprend sont moindres que ceux résultant de l'aspiration du lubrifiant dans la chambre d'explosion.

On a proposé un autre mode de régulation progressive en n'empêchant l'ouverture de la soupape d'évacuation que pendant une fraction plus ou moins prolongée du retour du piston.

La quantité de mélange explosif qui est aspirée dans la marche en avant du piston est alors une fraction du volume normal, et comme les résidus de l'explosion précédente restent presque en totalité contre le piston, le mélange tonnant comprimé comme d'ordinaire conserve presque sa teneur normale au voisinage de l'étincelle. L'effort moteur varie donc à peu près proportionnellement à la durée de l'évacuation.

Ce mode de régulation employé sur les voitures Tourand; Gillet-Forest; de Dion et Bouton, etc., nous paraît le plus parfait en théorie. Cependant nous devons reconnaître que les grands constructeurs adoptent aujourd'hui la régulation sur l'admission pour leurs voitures de course.

Équilibrage du moteur à mélange tonnant. — La mise en marche du moteur à mélange tonnant à un ou deux cylindres est toujours une opération dont on préfère se dispenser fût-ce même au prix de la consommation de quelques centilitres d'essence pendant les arrêts. Les trépidations de la voiture, supportables pendant la marche, deviennent très gênantes pour les voyageurs restés assis.

Les Américains, avec la suspension interposée entre le châssis et la caisse, ont apporté un certain remède à cet inconvénient du moteur à mélange tonnant. En France, où cette suspension n'est pas admise, on a préféré chercher à équilibrer le moteur, c'est-à-dire à maintenir le centre de gravité du système oscillant à peu près fixe.

Quelques constructeurs, comme les anciens établissements Panhard et Levassor, dans leurs voitures de 12 chevaux, de 1900, à quatre cylindres, se sont bornés à ajouter à l'arbre moteur des pièces additionnelles faisant contrepoids aux pièces oscillantes.

Dans leur moteur à mélange tonnant compound, MM. Rozer-Mazurier avaient obtenu facilement un équilibrage assez parfait, en donnant au piston du cylindre central à grand diamètre, où agissent les gaz évacués, un mouvement inverse de celui des pistons des deux cylindres où se produisent les explosions.

D'autres constructeurs ont placé la chambre d'explosion entre deux pistons moteurs se déplaçant dans un même cylindre horizontal ou vertical.

Dans le moteur Gobron-Brillée où il y a deux cylindres verticaux accolés, les deux pistons inférieurs ont leurs bielles directement reliées à deux coudes de l'arbre mo-

teur. Les deux pistons supérieurs ont leurs tiges fixées à une traverse qui, par des bielles latérales, est reliée à deux autres coudes du même arbre moteur diamétralement opposés aux premiers. Pour compenser la masse supplémentaire de la traverse et des bielles latérales, les pistons supérieurs ont une course un peu moindre que les pistons inférieurs.

Dans les moteurs Koch, de Riancey, Bardon, les cylindres sont horizontaux.

Dans les deux premiers, les bielles des pistons agissent par l'intermédiaire de balanciers oscillant dans un plan vertical sur les coudes d'un seul arbre moteur normal au sens du mouvement des pistons.

Dans le dernier, chaque piston agit sur un arbre moteur différent, mais chacun d'eux porte une roue dentée qui engrène de chaque côté d'une troisième roue dentée calée sur l'arbre de transmission parallèle aux arbres moteurs.

Dans le moteur Touraud et Cie, système Crozet, l'explosion a lieu entre les deux pistons, mais le cylindre unique est courbé en ∩ et les pistons ont une marche parallèle dans les branches verticales. La compensation s'opère par des pièces additionnelles opposées aux têtes de bielles. Chaque bielle attaque un volant distinct auquel elle imprime un mouvement inverse de celui de l'autre volant.

A propos d'équilibrage, nous devons dire un mot du dispositif des voitures Turgan et Foy où le volant placé horizontalement à l'extrémité inférieure de l'arbre moteur vertical a une inertie considérable grâce au grand diamètre que cette position permet de lui donner.

Tout ce qui précède a principalement trait au moteur à quatre temps.

Quelques constructeurs préfèrent le moteur où l'évacuation se fait à la fin de la course du piston qui démasque des ouvertures *ad hoc*.

On reproche à ce moteur (Soucin) de consommer une énorme quantité de lubrifiant qui est entraîné par les résidus gazeux de l'explosion. Si ce moteur offrait réellement des avantages de rendement, peut-être ce défaut pourrait-il être corrigé en faisant évacuer les gaz dans une enceinte où le lubrifiant se déposerait.

Plusieurs inventeurs ont proposé aussi le moteur à deux temps où le mélange tonnant serait introduit dans la chambre d'explosion à la pression voulue. Les uns recourent à un réservoir intermédiaire où le mélange tonnant serait comprimé, ce qui pourrait présenter des dangers. Quelques autres (Lepape) emploient un deuxième cylindre dont le piston comprime le mélange au fur et à mesure des besoins dans la chambre d'explosion.

Pour en finir avec le moteur à essence appliqué à la locomotion automobile, nous devons dire quelques mots des différentes solutions proposées pour donner à la puissance de ce moteur la souplesse dont il manque par suite de l'absence d'un volant ou accumulateur d'énergie.

Plusieurs inventeurs (M. Marmonnier, ingénieur à Lyon, entre autres) ont étudié un système permettant, sans modifier la compression définitive du mélange tonnant,

d'en faire varier le volume en plaçant la chambre d'explosion entre le piston moteur et un piston auxiliaire dont les déplacements, commandés par un système de leviers articulés, augmentent ou diminuent le volume de l'enceinte où le mélange tonnant est aspiré et par suite le poids du mélange qui fera explosion et l'effort moteur de cette explosion.

D'autres (comme MM. Boyer et Cornu) ont cherché à faire varier la course du piston moteur, mais il en résulte alors des compressions différentes du mélange explosif.

Industrie des moteurs à mélange tonnant. — A l'origine, la maison Panhard et Levassor fabriquait seule des moteurs Daimler qu'elle livrait à la maison Peugeot, par exemple, qui les utilisait dans la construction de ses voitures automobiles.

Peu à peu, chaque maison un peu importante a construit elle-même les moteurs spéciaux dont elle avait besoin et s'est bornée à cette fabrication. Cependant, on trouve dans le commerce des voitures pourvues de moteurs achetés soit à la maison de Dion et Bouton, ou Aster principalement pour les motocycles ou voitures légères. La maison Gaillardet fournit de même des moteurs.

On peut donc à la rigueur considérer cette fabrication comme constituant une industrie annexe; une médaille d'argent a été attribuée à la maison Aster.

MOTEUR ÉLECTRIQUE.

Si le moteur à mélange tonnant actuel n'est pas souple, par contre le moteur électrique est par excellence le moteur dont on peut à volonté faire varier la vitesse, le couple moteur et la puissance.

De plus il est rotatif, son montage sur une voiture est donc des plus simples.

Il serait le moteur par excellence de la voiture automobile si, dans l'état actuel de la science, l'approvisionnement d'énergie électrique n'était pas forcément lourd et encombrant et si dans l'état actuel de l'industrie électrique le ravitaillement n'en était encore possible que dans quelques centres spéciaux.

Cependant, dans ces localités, la voiture à moteur électrique offre de tels avantages de propreté et de confort que son usage se répand chaque jour davantage pour les hommes d'affaires et les gens du monde, malgré toutes les sujétions du ravitaillement de l'énergie nécessaire.

Le moteur électrique pour voitures automobiles sur routes ne diffère que par ses dimensions du moteur électrique pour tramways ou installations fixes exposés dans une autre Classe.

Seuls, les accumulateurs et les combinateurs spécialement construits pour l'application qui nous occupe nécessiteront quelques détails.

Comme pour le moteur à vapeur, nous supposerons connus le principe et les dispositions principales du moteur électrique. Nous n'examinerons que les conditions à remplir par ce moteur à raison des sujétions spéciales de son emploi sur les voitures

automobiles sur chaussées ordinaires qui exigent impérieusement légèreté et faible encombrement.

Alors que l'étude complète du moteur électrique devrait comprendre huit parties concernant :

1° La source d'énergie électrique,
2° Le champ magnétique,
3° Les spires conductrices mobiles,
4° Le renversement du courant dans ces spires au moment opportun,
5° L'excitation de l'inducteur,
6° La régulation de la vitesse,
7° Le combinateur ou contrôleur,
8° Les accessoires : ampéremètres, wattmètres, etc.,

nous ne nous occuperons principalement que de la source d'énergie, du mode d'excitation de l'inducteur, de la régulation de la vitesse et du combinateur dont les dispositifs varient plus particulièrement dans l'application à la traction automobile sur chaussées ordinaires.

Source d'électricité. — Du moment que la voiture automobile doit pouvoir varier sa piste au gré des exigences de la circulation des autres véhicules qu'elle croise ou dépasse, on ne peut songer à lui fournir l'énergie à l'aide d'un courant électrique amené par un fil conducteur parallèle à la route et un trolley ordinaire.

Pour les voitures affectées à un service régulier, M. Lombart-Gérin a fait breveter un système de trolley automoteur qui lui a permis de faire fonctionner pendant l'Exposition de 1900, sur la piste du lac Daumesnil, un omnibus à traction électrique dont les évolutions au milieu des autres voitures ont frappé les visiteurs de l'annexe de Vincennes.

Mais si dans un service régulier convenablement organisé, on peut installer en des endroits précis des aiguillages pour le croisement des trolleys des voitures venant en sens inverse, ou, ce qui est préférable, assujettir ces voitures à permuter leurs prises de courant, il est impossible de faire de même pour les voitures particulières exposées à se croiser en un point quelconque aussi bien en marchant dans le même sens qu'en sens inverse.

Pour celles-ci, il faut donc qu'elles portent elles-mêmes leur approvisionnement d'énergie électrique.

Lors des premiers essais du moteur électrique, qui datent du moment (1867) où la reversibilité de la dynamo a été constatée, cet approvisionnement était constitué par une pile.

La consommation du métal formant l'électrode positif rendait le cheval-heure si coûteux, les manipulations étaient si assujettissantes, que ces essais n'aboutirent jamais à des tentatives sérieuses de locomotion électrique.

Celle-ci ne fut réellement possible qu'à partir de 1880, où Faure eut l'heureuse

idée de substituer à la formation électrolytique des électrodes en plomb de l'accumulateur inventé par Planté (1860), la formation des oxydes de plomb appliqués à la surface de ces électrodes et permit d'obtenir ainsi des accumulateurs de capacités spécifiques en énergie et en quantité suffisamment grandes.

Nous ne saurions passer en revue tous les types d'accumulateurs dérivés de ce principe proposés par les divers inventeurs, nous nous bornerons à indiquer les desiderata à réaliser.

La matière active doit être poreuse pour faciliter l'action complète de l'électrolyte et rendre rapide sa diffusion après atténuation de ses propriétés; elle doit adhérer parfaitement au métal-support pour diminuer les résistances intérieures et empêcher les détachements qui entraîneraient des courts-circuits; le métal-support doit être inattaquable par l'électrolyte sans différer assez du métal de la matière active pour créer des circuits locaux qui diminueraient la force électromotrice de l'accumulateur; l'épaisseur de la matière active doit être assez grande pour obtenir des capacités spécifiques en quantité et en énergie suffisamment grandes sans cependant occasionner des contractions et dilatations totales qui entraîneraient son détachement lors des réactions chimiques un peu trop vives qu'exigent les variations de puissance du moteur.

Pour réaliser ces desiderata, dont quelques-uns semblent contradictoires, une plaque d'accumulateur à oxydes rapportés se compose essentiellement d'une pâte d'oxyde de plomb appropriée et d'un support métallique.

Celui-ci sert en même temps de collecteur et de conducteur de l'énergie électrique produite dans les réactions chimiques dont la matière active est le siège.

Un élément d'accumulateur se compose d'un certain nombre de plaques verticales, les unes positives, les autres négatives, séparées les unes des autres par des corps poreux ou perforés s'opposant à la chute de la matière active. Elles sont placées dans un bac à une certaine hauteur au-dessus du fond, de manière à ménager un vide où les parcelles de matière active qui se détacheraient malgré les séparations coinçant les plaques puissent se loger sans risquer de créer des courts-circuits.

Nombreuses sont les formules pour la composition des pâtes d'oxyde rapporté; nombreuses sont les dispositions du quadrillage de la plaque dans les mailles duquel on enchâsse la pâte, les modes d'y comprimer et perforer celle-ci.

Enfin, chaque constructeur d'accumulateur a une formule du bain électrolytique dans lequel il forme ses plaques suivant qu'elles sont positives ou négatives. Certains font un mystère de ces particularités de leur type d'accumulateur; d'autres les proclament soi-disant.

Nous en parlerons d'autant moins que si différents types figuraient dans les caissons des voitures électriques exposées, seule la Compagnie des accumulateurs Fulmen les a exposés spécialement comme industrie annexe de la Classe 30 et a reçu une médaille d'or pour ces accumulateurs très appréciés de tous les membres du Jury qui ont suivi les concours organisés par l'Automobile Club de France.

Dans les accumulateurs employés sur les voitures, le potentiel moyen d'un élément

est de 1.9 par élément. Il y a généralement 44 éléments groupés par batterie de 11 éléments, dont on peut faire varier le groupement en série et en quantité, suivant les besoins de la traction.

Mis en série, ces 44 éléments peuvent être chargés au potentiel de 110 volts.

En moyenne, avec les éléments Fulmen, pour obtenir un cheval-vapeur-heure, il faut :

25 kil. 5 au régime de 1/2 ampère par décimètre carré;
28 kil. au régime normal de 1 ampère par décimètre carré;
36 kil. au régime exceptionnel de 2 ampères par décimètre carré.

Ces chiffres montrent l'influence que les à-coups de la circulation dans une ville aussi accidentée que Paris ont sur le rendement des accumulateurs.

Si, dans les voitures particulières de ville, on considère avant tout la légèreté de l'accumulateur, dans les voitures de tourisme ou affectées à un service public, on doit aussi se préoccuper de la rapidité de la charge et de la possibilité de faire face à des coups de collier un peu prolongés.

Pour ces dernières voitures, on tient moins à avoir une capacité spécifique élevée. Quelquefois, on adopte la formation Planté, soit seulement pour les plaques positives, soit même pour toutes les plaques.

En moyenne, à Paris, sur une voiture légère offrant deux places utiles, on peut admettre que pour assurer un service quotidien de 60 kilomètres, il faut :

528ᵃ accumulateur léger, formation Faure;
600 — — Faure-Planté;
800 — — Planté.

Les accumulateurs constituent la source d'énergie électrique de la voiture; le combinateur distribue au moteur rationnellement et suivant les besoins, l'énergie des accumulateurs et le moteur transforme en énergie mécanique cette énergie électrique inutilisable en elle-même.

Cette transformation de deux énergies l'une dans l'autre s'opère grâce à la propriété que possède une spire conductrice parcourue par un courant, de prendre un certain déplacement dans un champ magnétique; au moyen d'un artifice de construction, ce déplacement est rendu continu. Suivant le nombre de spires, suivant le voltage à leurs extrémités, suivant l'intensité du champ magnétique et suivant l'intensité du courant, la vitesse du moteur et sa puissance sont plus ou moins grandes. Chaque constructeur disposant à sa façon les variations relatives de ces divers éléments, détermine ainsi son type de moteur et son combinateur.

On ne peut s'adresser à un aimant permanent pour créer le champ magnétique, le poids du moteur serait beaucoup plus considérable et, de plus, le champ serait invariable; on se sert donc d'électro-aimants, la carcasse métallique qui forme le champ magnétique sert de carter au moteur pour le protéger de la boue et des poussières

de la route. Le courant inducteur vient toujours de la batterie d'accumulateurs qui fournit l'énergie propre au déplacement du véhicule.

Le moteur est tantôt à deux pôles, comme dans les voitures Jeantaud; sur chacun des deux pôles se trouvent les deux enroulements série et shunt, tantôt à quatre pôles. Les quatre pôles peuvent être bobinés, comme le fait M. Krieger, Société française pour l'Industrie et les Mines, deux portant l'excitation série, les deux autres l'excitation shunt; on trouve encore les quatre pôles bobinés mais en série seulement, dans le moteur Lundell, de la Compagnie des voitures électromobiles. M. Jenatzy, Compagnie internationale des transports automobiles, enroule seulement deux pôles sur quatre, chacun portant les deux excitations série et shunt.

Certains constructeurs, tels que M. Krieger et M. Jenatzy, ont actuellement un moteur pour chaque roue; d'autres, comme M. Mildé, ont deux induits différents dans un même champ magnétique. La Compagnie des voitures électromobiles n'a qu'un seul moteur proprement dit, mais sur la même carcasse d'induit se trouvent deux enroulements et deux collecteurs; la maison B. G. S. (Bouquet, Garcin, Schivre) n'a qu'un seul moteur, mais le nombre des spires dans lesquelles passe le courant peut varier; enfin, M. Jeantaud n'a qu'un seul moteur. Les voitures des types Krieger, Jenatzy, Mildé peuvent seules se passer du différentiel.

En France, presque tous les moteurs des voitures électriques sont construits par la maison Postel-Vinay, et l'enroulement, que chaque constructeur modifie à sa fantaisie pour rendre les constructions et les réparations plus faciles, est généralement fait sur un tambour.

Combinateur. — Le nombre de tours d'un moteur étant proportionnel à la différence de potentiel aux bornes et inversement proportionnel à l'intensité du champ magnétique ainsi qu'au nombre de spires de l'induit, les constructeurs de voitures électriques, mettant complètement de côté les changements de vitesse mécaniques, peuvent faire varier la vitesse de la voiture, en agissant :

1° Sur la différence de potentiel, soit en divisant les éléments de la batterie en groupes qui pourront être réunis en quantité ou série, soit quand il y a deux moteurs, en les mettant en série ou en parallèle;

2° En faisant varier l'intensité du champ magnétique, soit en supprimant une des excitations quand elle est compound, soit une partie d'une même excitation en supprimant entièrement l'excitation autour d'une paire de pôles;

3° Enfin en divisant par groupes les spires induites et en faisant passer le courant tantôt dans un seul, tantôt dans les deux.

Pour arriver au résultat cherché, le combinateur est formé d'un ou plusieurs cylindres en matière isolante, sur la surface desquels se trouvent incrustés de petits blocs de cuivre convenablement taillés et isolés les uns des autres ou reliés entre eux, suivant les combinaisons à obtenir. Sur ces touches viennent frotter des doigts maintenus par des ressorts; à chaque doigt aboutit un fil; ces fils vont qui à un pôle de la batterie,

qui à une borne du moteur, qui à une résistance, etc. Tout cet ensemble, groupé sur un cylindre généralement de très petites dimensions, manœuvré à l'aide d'une seule manette, rend les différentes combinaisons très faciles à exécuter.

M. Krieger a à sa disposition deux moteurs de quatre pôles, deux excitations des inducteurs, et il divise sa batterie en deux groupes. Il obtient sa première vitesse en plaçant aux bornes de ses moteurs la plus faible différence de potentiel dont il dispose, et en rendant maximum le flux des inducteurs; le troisième moyen, variation du nombre de spires, n'est pas utilisé. Nous avons donc dans la première position du combinateur les deux groupes de batteries en parallèle, les moteurs en série et double excitation, série et shunt. Les six vitesses marchent en quelque sorte deux par deux, 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6, chacune des deuxièmes positions étant identique à la précédente, à laquelle on a supprimé l'excitation en dérivation. La position 3 est la même que 1, mais les deux groupes d'accumulateurs sont mis en tension; la position 5 est la même que 3, mais les deux moteurs sont mis en parallèle. Donc, toutes les deux touches, on agit sur le flux inducteur et toutes les deux touches sur la différence de potentiel.

La marche arrière n'est autre que la première position dans laquelle le sens du courant a été renversé dans les induits; pour faire frein, les induits sont mis en court circuit et l'excitation shunt seule agit. M. Krieger est un fort partisan de la récupération dans les descentes et il prétend, et cela peut-être pas sans raison, que quand même la quantité d'énergie récupérée serait très faible, le passage du courant en sens inverse dans les accumulateurs donne à ceux-ci un coup de fouet qui les réveille en quelque sorte. La récupération se fait dans les positions 1 et 3 du combinateur, l'excitation série étant naturellement supprimée.

Le combinateur Krieger est placé verticalement dans l'axe même du guidon de direction : toutes les combinaisons sont établies sur un seul cylindre déplacé par une petite manette toujours sous la main du conducteur.

M. Jeantaud n'a qu'un seul moteur à deux pôles, portant chacun les deux enroulements série et shunt; sa batterie est divisée en deux groupes, le nombre des spires induites est invariable. De toutes les variations de vitesse une seule s'obtient en diminuant le voltage aux bornes du moteur, à savoir en agissant sur le groupement de la batterie, les autres s'obtiennent en diminuant l'excitation série en shuntant plus ou moins le courant de cette excitation au moyen de résistances. Ce mode de régulation de la vitesse a un inconvénient, c'est de manger dans les résistances du shunt de l'excitation série une partie du courant qui, évidemment, pourrait être employée d'une façon plus utile. Pour obtenir des vitesses intermédiaires à celles données par les combinaisons relatives de batterie et excitation des inducteurs, se trouvent un certain nombre de résistances en série sur le courant principal. Ce dispositif rend excessivement doux les démarrages et les changements de vitesse, mais tant qu'il est en circuit, mange encore de l'énergie inutilement; le premier mode de régulation est actionné par une manette, le second par une pédale.

M. Jenatzy, dans ses voitures électriques, dispose de deux moteurs et divise sa bat-

terie en deux groupes; le nombre des spires des induits est toujours le même. Il peut donc faire varier la différence de potentiel en couplant en quantité ou en série, soit ses deux groupes de batterie, soit ses induits, et faire varier le champ magnétique en couplant ses inducteurs série en quantité ou en série; l'excitation shunt reste toujours la même. Au lieu de grouper sur un seul cylindre ces combinaisons successives, M. Jenatzy forme son combinateur par quatre cylindres superposés placés sur l'axe vertical du volant de direction; celui du bas seul est calé sur un arbre vertical que l'on manœuvre au moyen du levier placé sous le volant de direction; les trois autres tambours fous sur cet arbre sont mus par des manettes placées latéralement; ces trois tambours couplent en série ou en parallèle : celui du haut les batteries, le second les induits, le troisième les inducteurs. Toutes ces combinaisons, indépendantes les unes des autres, peuvent être avantageuses pour une personne bien initiée aux secrets de l'électricité, mais compliquent inutilement les manœuvres. Quelques résistances peuvent être intercalées en série sur le circuit principal pour les démarrages et les changements de vitesse, comme dans la voiture Jeantaud, une pédale commande une tige de cuivre verticale qui court devant un certain nombre de plots placés les uns au-dessus des autres et aboutissant aux résistances.

Le combinateur de la Compagnie des voitures électromobiles est placé sous le siège du conducteur et est commandé par un levier placé à la droite de celui-ci. Dans cette voiture le moteur, portant deux induits, fonctionnera au point de vue des variations de voltage, comme s'il y avait deux moteurs; ces deux induits pourront donc être mis en tension ou en quantité; les quatre pôles, tous excités en série, pourront également être mis en quantité et en série; enfin, pour la première vitesse, une résistance est intercalée dans le circuit. Les éléments restent toujours tous en tension, ce qui est un avantage, car lorsque la batterie est divisée en deux groupes, si dans l'un des deux se trouve un élément en mauvais état, les éléments de l'autre pourront se décharger dans celui-ci. La première vitesse s'obtient donc en mettant les deux induits en tension, en faisant passer tout le courant d'excitation autour de chacun de ses pôles et en mettant la résistance dans le circuit. Les vitesses suivantes s'obtiennent : la deuxième en supprimant la résistance, la troisième en mettant les induits en parallèle, la quatrième en mettant également les inducteurs en parallèle. Un des grands avantages de ce dispositif est que chacun des deux induits fonctionnant toujours, sauf en première vitesse, qui ne devrait jamais servir que d'intermédiaire, sous le même voltage, la dynamo fonctionne toujours dans les mêmes conditions de rendement.

Dans la voiture Mildé, nous retrouvons, comme dans la Compagnie des voitures électromobiles, l'avantage d'avoir toujours tous les éléments de la batterie en tension, mais par contre, nous trouvons une résistance dans le circuit principal en première et quatrième vitesse et comme dans la voiture Jeantaud un shunt de l'excitation série en troisième et sixième vitesse.

Dans la voiture de la Société B. G. S. (Bouquet, Garcin et Schivre), nous avons encore tous les éléments en tension, les spires du même induit sont divisées en deux

groupes dans le rapport de 3 à 5, mais contrairement à ce qui se passe dans le moteur Lundell de la Compagnie des voitures électromobiles, le courant ne passe pas toujours dans les deux groupes de spires; ainsi, en quatrième vitesse, il ne passe que dans les cinq huitièmes des spires; en cinquième vitesse, dans les trois huitièmes des spires. En première et en deuxième vitesse, nous avons également des résistances en circuit.

Dans la voiture Riker, le moteur est bipolaire ou tétrapolaire; les 44 éléments de la batterie sont divisés en 4 groupes de 11 éléments chacun. Trois vitesses s'obtiennent en mettant d'abord les 4 groupes de 11 éléments en parallèle, puis en parallèle 2 groupes de 22 éléments en tension et enfin les 44 éléments en tension. Dans le moteur à 4 pôles on obtient une quatrième vitesse en mettant les inducteurs en parallèle. Si nous avons ici l'avantage de ne jamais nous trouver en présence de résistances dans le circuit, nous avons par contre un fonctionnement défectueux de la dynamo sous le très faible voltage de la première vitesse. Le combinateur est placé sous le siège du conducteur et est manœuvré par un levier qui passe dans une fente pratiquée au milieu du siège du conducteur.

Les voitures électriques ont l'inconvénient de ne pouvoir parcourir que des distances limitées sans recharger les accumulateurs; d'autre part, le moteur électrique étant un peu plus doux et plus simple que le moteur à pétrole, on a essayé de combiner les deux systèmes sur une même voiture. On a donc moteur à pétrole, dynamo et accumulateurs, le moteur à pétrole rechargeant les accumulateurs.

La voiture mixte Pieper se compose d'un moteur à pétrole situé à l'avant; sur l'arbre du moteur est calée une dynamo qui est reliée à la batterie d'accumulateurs. Quand en palier ou en descente, la vitesse du moteur à pétrole, et par suite de la dynamo, est telle que la différence de potentiel aux bornes de celle-ci est supérieure à celle de la batterie, la dynamo fonctionnera comme génératrice; si, par suite de l'état de la route, boue ou mauvais empierrement, ou d'une rampe, la puissance nécessaire devient plus grande, la vitesse de la dynamo diminue, le voltage peut être le même aux bornes de la dynamo et aux bornes de la batterie; dans ce cas, le moteur à pétrole seul agit et toute sa puissance est utilisée pour la locomotion, ou bien le voltage aux bornes de la dynamo peut même devenir inférieur à celui de la batterie; dans ce cas, la batterie se décharge dans la dynamo qui fonctionne comme réceptrice et vient en aide au moteur à pétrole.

M. Jenatzy construit également des voitures mixtes. En faisant varier les excitations des inducteurs, M. Jenatzy peut faire varier le voltage de sa dynamo et par suite faire varier la vitesse du moteur au-dessous de laquelle la dynamo devient motrice et au-dessus de laquelle elle est génératrice.

On peut se demander si les avantages des voitures mixtes compensent bien les inconvénients d'avoir deux moteurs; si un moteur à pétrole d'un poids égal au poids du moteur mixte, plus le poids des accumulateurs et une partie du poids de la dynamo, puisque celle-ci sert de volant, ne serait pas plus puissant que l'ensemble du moteur à pétrole et de la dynamo, moins encombrant et d'une manœuvre plus facile.

VOITURES AUTOMOBILES.

Après avoir passé en revue toutes les parties constitutives d'une voiture automobile, afin de pouvoir énumérer méthodiquement les diverses industries annexes et les maisons dont la fabrication spéciale a motivé les récompenses accordées par le Jury de la Classe 30, il nous reste à considérer les divers types de véhicules automobiles livrés au public par les constructeurs que le Jury de la Classe 30 a jugés dignes d'une récompense.

Ce qui a caractérisé l'Exposition universelle de 1900, en ce qui concerne les voitures automobiles, c'est la facilité donnée aux constructeurs d'exposer non seulement dans l'enceinte générale du Champ-de-Mars des voitures ou des pièces détachées, dont on ne pouvait qu'admirer le fini d'exécution sans avoir le moyen de se rendre compte de leur fonctionnement, mais aussi d'exposer les mêmes voitures, moteurs et dispositifs divers à l'annexe de Vincennes où ils pouvaient les faire fonctionner devant ceux qui avaient besoin de juger de leur marche. Bien plus, les voitures étaient autorisées à circuler sur la piste du lac Daumesnil, à toutes allures.

Le Jury a profité de cette latitude pour son examen des voitures des divers constructeurs.

En outre, il a été amplement renseigné par les divers résultats constatés dans les concours internationaux de la Section VII, organisés par les soins de l'Automobile Club de France, sous la haute direction de l'Administration de l'Exploitation.

Les appréciations du Jury, on le voit, n'ont pas été simplement théoriques ; elles ont été en quelque sorte basées sur les résultats de la pratique.

C'est ce que nous essayerons de faire ressortir dans la suite de ce rapport où nous ne suivrons pas l'ordre chronologique des véhicules créés et mis en vente. Nous croyons préférable de les étudier dans l'ordre croissant de la complication de leurs divers mécanismes.

Motocyclettes. — Le véhicule automobile le plus simple est la motocyclette. Il y en a de deux espèces, suivant que le cavalier est ou n'est pas obligé de pédaler pour fournir le supplément de puissance nécessaire dans les coups de collier.

Une courroie passée sur une gorge pratiquée sur la circonférence du volant et sur une gorge pratiquée dans une couronne fixée aux rais de la roue motrice ou calée sur son moyeu, constitue toute la transmission.

Les diverses motocyclettes diffèrent surtout par la position donnée au moteur.

A l'origine, dans les deux motocyclettes américaines Battey et Pennington, le moteur était placé à l'arrière en porte-à-faux et actionnait directement par bielle la roue motrice.

Dans la motocyclette Werner (médaille d'argent), le moteur est fixé à la tige de direction ; il est alors solidaire de la roue avant qui est à la fois motrice et directrice.

Le pédalier peut être supprimé ou être relié à une roue libre.

Le moteur, d'une puissance de 1 1/4 cheval, pèse 9 à 10 kilogrammes.

Le refroidissement a lieu par ailettes.

L'allumage est électrique et la régulation s'obtient à la main.

Tout l'appareil pèse 40 à 50 kilogrammes.

Cet appareil monté par un cavalier habile a donné de bons résultats, même dans des courses assez longues sur des itinéraires des plus durs [1].

A l'annexe de Vincennes, dans la section allemande, une bicyclette analogue, presque semblable, a été exposée par la maison Duchemin.

Sur la piste du lac Daumesnil, la bicyclette Werner a effectué 815 kilomètres à des vitesses moyennes de 45 kilom. 700 en consommant 0 lit. 029 par kilomètre.

D'autres constructeurs préfèrent adapter leur moteur à un des tubes du cadre, soit celui qui descend de la douille de direction sur le pédalier, soit celui qui descend de la selle vers le pédalier.

Parmi les motocyclettes ainsi montées, nous avons distingué :

La motocyclette Jochum où le refroidissement est accru par un ventilateur monté sur l'axe du volant. La courroie est remplacée par une chaîne.

La motocyclette Lamaudière et Labre, du poids de 38 kilogrammes, qui, dans le critérium de 1900, sur la route d'Étampes à Chartres, a parcouru 100 kilomètres en 2 h. 17, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 43 kilom. 600 à l'heure.

Dans la motocyclette Lamaudière et Labre, le moteur est fixé au tube du cadre qui va de la selle au pédalier.

Dans la motocyclette Chapelle et Chevalier, le moteur est fixé verticalement au-dessus du pédalier entre les deux tubes qui vont du pédalier à la selle et à la douille de direction.

Motocycle. — Le véhicule automobile qui vient ensuite est le motocycle ou tricycle automoteur.

On pourrait encore placer le moteur sur l'axe de la direction. Ce dispositif se retrouve en effet sur la voiturette tricycle à vapeur Staffer (1866) et sur la voiturette Vve Levassor-de Boisse (1901).

Dans ce cas, sauf la puissance plus forte vu le poids total plus élevé, le mécanisme du tricycle n'offrirait pas de complication plus grande que celui de la motocyclette.

Dans le motocycle Gladiator, la roue arrière était motrice et les roues avant étaient directrices par essieu brisé. Il en était de même dans le tricycle-tandem de M. Léon Bollée.

Au contraire, la maison de Dion et Bouton a placé le moteur sur un tricycle ordinaire muni d'un différentiel avec la couronne duquel on fait engrener directement la roue

[1] 1899, Paris-Bordeaux, 550 kilomètres en 12 heures;
1901, Paris-Berlin, 1,198 kilomètres;
1901, Paris-Roubaix, tandems à l'alcool.

dentée du réducteur de vitesse du moteur qui s'est alors trouvé fatalement placé contre l'essieu arrière.

Dans ce véhicule, l'obligation de pouvoir donner à chaque roue la vitesse correspondante à sa trajectoire dans une piste sinueuse, a forcé à adopter le différentiel dont nous avons donné plus haut le principe.

Le tricycle a été longtemps une spécialité de la maison de Dion et Bouton, qui l'avait créé.

Le moteur avait à l'origine, en 1895, une puissance de 1/2 cheval-vapeur. Elle a été portée à 3/4 de cheval-vapeur en 1896.

Les poids correspondants du moteur seul étaient de 18 kilogrammes en 1895 et de 21 kilogrammes en 1896.

Depuis, comme le montre le tableau suivant, la puissance et les poids ont progressivement augmenté :

DATES.	PUISSANCE du MOTEUR en CHEVAUX-VAPEUR.	MODE de REFROIDISSEMENT DU MOTEUR.	POIDS du MOTEUR.	CONSOMMATION DU MOTEUR par CHEVAL-HEURE.	VITESSE MOYENNE en KILOMÈTRES à l'heure.
			kilogrammes.	litres.	kilomètres.
Décembre 1895	1/2	Ailettes.	18	0 04	//
Avril 1896	3/4	*Idem.*	21	0 033	//
Septembre 1896	1	*Idem.*	21 5	0 031	27
Janvier 1897	1 1/4	*Idem.*	23	0 029	28 375
Janvier 1898	1 3/4	*Idem.*	23 5	0 024	34 7
Août 1898	1 3/4	*Idem.*	24	0 022	57 5
Juin 1899	2 1/4	*Idem.*	25	0 020	57 5
Tour de France (1899)	2 3/4	*Idem.*	//	//	43 3
Février 1900	2 3/4	*Idem.*	26	0 015	//
Mai 1900	2 3/4	Culasse à eau.	26 5	0 012	//

En dehors de ces motocycles de tourisme, il existe des motocycles de course qui ont atteint les vitesses suivantes :

		chev.-vapeur.	kilomètres.
1898	Critérium	2 25	57 50
1899	Paris-Bordeaux	2 25	57 50
1899	Tour de France	2 75	43 30
1899	Paris-Trouville	3 25	58 80
1900	Paris-Toulouse	8 00	57 12

Bien que depuis mai 1900 le refroidissement par eau sur la culasse ait été appliqué au motocycle de tourisme, dans le motocycle de la course Paris-Toulouse, malgré que la puissance fût de 8 chevaux, il n'y avait pas de refroidissement par eau ni de changement de vitesse, ce qui n'a pas été sans présenter de nombreux inconvénients dans les centres neutralisés où la vitesse était réduite à 12 kilomètres à l'heure.

Dans le motocycle, la seule sujétion de construction réside dans la rigidité à donner à l'essieu interrompu par le différentiel, pour lui permettre de supporter le poids du moteur et de la transmission sans prendre une flexion sensible.

Le carter enfermant ces deux organes se compose de deux plateaux entourant chaque portion de l'essieu par deux douilles. Le boulonnage des plateaux suffirait à la rigueur pour réaliser le but cherché. Cependant, on y ajoute un haubannage, soit par tringles, soit en fixant en dessous de chaque douille une feuille de tôle triangulaire dont les grands côtés sont boulonnés (Créanche). D'autres fois, on préfère placer le différentiel sur un arbre spécial supporté par l'essieu. Dans ce cas, les extrémités de cet arbre portent des pignons dentés qui engrènent avec les dentures de couronnes fixées aux rais ou aux moyeux des roues motrices (Renaux).

A la suite du succès du motocycle de Dion et Bouton, bien des constructeurs de bicyclettes et tricycles ont monté sur des véhicules de leur fabrication des moteurs et mécanismes achetés par eux.

A l'Exposition et dans le concours international de motocycles, ont ainsi figuré les motocycles (Rochet-Petit), pourvus de moteurs de Dion et Bouton ou de moteurs Aster.

Les vitesses sur la piste du lac Daumesnil des motocycles engagés dans le concours international de 1900 ont été, en kilomètres, à l'heure :

Rochet-Petit	$20^k 6$ à $38^k 4$
Créanche	24 3 à 39 5
Luc	37 3 à 43 2

en consommant, en litres, par kilomètre :

Rochet-Petit	0^l 0257
Créanche	0 0300
Luc	0 0467

Le motocycle à une seule place a joui longtemps d'une grande vogue, mais le conducteur a fini par désirer pouvoir l'utiliser pour transporter un compagnon de route.

De là est née la fabrication des remorques, qui a constitué une industrie annexe dont s'occupent un certain nombre de constructeurs brevetés (Chenard et Walker, etc.).

Quadricycles. — On a fini par transformer le motocycle en quadricycle où le compagnon est assis en avant du cavalier.

Dans quelques véhicules de ce genre (Rochet-Petit), tout le cadre du tricycle est conservé sans modification, la roue avant seule est remplacée par un avant-train.

Celui-ci pourrait être mobile comme dans les tri-porteurs.

On a préféré adopter la direction par essieu brisé où les roues sont mobiles autour de pivots. D'où un nouvel organe mécanique pour la connexion des bras des pivots et la transmission du mouvement à l'un des bras des pivots.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Dans les quadricycles, le mode de connexion choisi est celui dit en V qui permet l'emploi très simple d'un volant à tige verticale relié par un ressort à pincette au centre de rotation du V de connexion.

Le poids plus considérable du véhicule et de la charge exige une puissance plus considérable, 2 ch. 1/2 ou 3 chevaux.

Depuis 1900, les moteurs de quadricycles ne sont plus refroidis seulement par ailettes. Leur culasse est refroidie par un courant d'eau produit par thermo-siphon. On a pu alors, sans inconvénients, les doter d'un changement de vitesse dit *à différentiel et friction*, imité de ce qui avait été tenté dans le bicycle multiplié « Crypto ».

Plusieurs quadricycles ont figuré à l'Exposition et ont pris part au concours international.

Dans le quadricycle Rochet-Petit, bien que le poids à vide soit de 200 kilogrammes, le moteur était de 2.75 chevaux comme dans le tricycle. Au contraire, dans celui de Renaux, le moteur était de 3.5 chevaux.

Le refroidissement sur les deux était à ailettes.

La vitesse moyenne pendant les 815 kilomètres effectués sur la piste du lac Daumesnil a varié de 29 kilom. 760 à 33 kilom. 600 (Rochet-Petit), 31 kilom. 770 à 41 kilom. 600 (Renaux).

Le quadricycle Renaux présente une particularité digne d'être signalée. Le moteur qui est horizontal et fixé aux tubes allant du pédalier à l'essieu arrière, est relié à une roue dentée calée sur un faux essieu par l'intermédiaire d'une bielle dont la tête porte intérieurement les engrenages satellites d'un différentiel.

Aux deux extrémités du faux essieu sont calés des pignons engrenant avec les couronnes dentées fixées au moyeu des roues motrices folles sur les fusées de l'essieu arrière.

Du moment qu'avec son moteur de la puissance de 2.5 chevaux le quadricycle, du poids à vide de 200 kilogrammes et en charge de 270 kilogrammes en comptant 70 kilogrammes pour le cavalier, peut atteindre une vitesse moyenne de 30 kilomètres à l'heure en transportant une personne de 50 à 60 kilogrammes, on peut évidemment, dans les villes où la vitesse est limitée au maximum de 10 à 12 kilomètres, utiliser le motocycle, sans rien changer à sa construction, pour porter des colis d'un poids total de plus de 100 kilogrammes.

On a alors un véhicule qui est au motocycle ce que le tri-porteur est au tricycle ordinaire.

On peut même voir souvent dans les rues des motocycles remorquer une petite caisse à deux roues portant les colis.

Il existe plusieurs maisons (de Dion et Bouton, Clément, etc.), qui fabriquent des quadricycles où la charge est placée dans un coffre à l'avant. Le châssis est alors celui d'un quadricycle.

On pourrait aussi adopter la forme du tri-porteur avec roues motrices sur l'avant-train mobile portant la charge.

Ces tri-porteurs automobiles, qui coûtent environ 2,000 francs, nous paraîtraient utiles aux petits commerçants pour leurs livraisons. Un coin dans l'arrière-boutique suffit pour les loger et un gamin peut faire les courses.

Voiturettes. — Après avoir utilisé la place assez bien suspendue que le quadricycle offrait à l'avant, on a désiré que les deux compagnons de route fussent assis côte à côte sur un siège suspendu.

La voiturette pesant moins de 250 kilogrammes à vide est née de ce désir. A l'origine, elle ressemblait comme montage du moteur et accessoires au quadricycle, mais avec un poids aussi restreint, on n'avait qu'une carrosserie assez rudimentaire et on est assez vite arrivé à la voiturette de 400 kilogrammes à deux places et même à trois, bien plus confortables.

Un grand nombre de voiturettes de ces deux catégories figuraient à l'Exposition et plusieurs ont pris part au concours international.

Les voiturettes de 250 kilogrammes à vide pèsent environ 300 kilogrammes en ordre de marche, c'est-à-dire avec les approvisionnements, pièces de rechange et outils, et 440 kilogrammes avec les deux voyageurs.

La puissance du moteur est de 3 chevaux-vapeur.

Le refroidissement peut être à ailettes (avec ventilateur G. Richard) ou par circulation d'eau basée sur le principe du thermo-siphon (Créanche, etc.), ou même produit par une pompe (Gladiator).

Plusieurs constructeurs ont dans l'enceinte générale exposé des voiturettes (Clément, de Dion et Bouton), où le montage du moteur par rapport au différentiel est identique à celui d'un quadricycle.

Dans la voiturette de Dion et Bouton, le moteur est de 3 chevaux; le changement de vitesse se compose de deux groupes de roues toujours en prise qu'on peut embrayer ou débrayer à l'aide de segments extensibles symétriquement placés. La transmission spéciale aux roues motrices du différentiel placée sur un faux essieu, est celle décrite plus haut.

Pour nous, ce sont là les véritables voiturettes, celles dont le mécanisme est aussi peu compliqué que possible, par suite de ce que vu leur faible poids on peut accepter de faire porter le moteur par l'essieu en se contentant des pneus pour toute suspension du mécanisme.

Au contraire, même dans la voiturette de 250 kilogrammes de Gladiator, le moteur est fixé au châssis et, dès lors, séparé des essieux par des ressorts. La transmission est obligée dès lors de satisfaire à une autre sujétion : celle d'être variable au moins en direction pour obéir aux flexions des ressorts.

Dans ces conditions, il doit y avoir entre le différentiel porté encore par l'essieu arrière et le changement de vitesse ou entre celui-ci et le volant du moteur une distance suffisante pour la flexibilité de la transmission. Le moteur est alors placé à l'avant.

Dans la voiturette Gladiator, cette transmission est constituée par une chaîne reliant

un pignon denté calé sur l'arbre moteur à une couronne dentée du changement de vitesse par différentiel et friction qui, lui, engrène directement avec le différentiel placé sur l'essieu arrière.

Dans les voiturettes G. Richard, Léon Bollée, etc., cette transmission entre le moteur et le changement de vitesse se fait par courroie toujours tendue.

Dans ces voiturettes, il n'y a pas de régulation automatique.

Les deux voiturettes Gladiator et G. Richard ont effectué 815 kilomètres sur la piste du lac Daumesnil avec des vitesses moyennes variant de :

Gladiator.....	25 à 34 kilomètres en consommant	0 l. 06 par kilomètre.
G. Richard.....	21 à 28 kilomètres en consommant	0 l. 10 par kilomètre.

Au point de vue de la complication du mécanisme, ces voiturettes sont donc devenues de véritables petites voitures. Il en est de même à plus forte raison des voiturettes de 400 kilogrammes.

Ainsi, la voiturette Renault frères, du même type que celle arrivée première de la catégorie des voiturettes dans la course Paris-Toulouse (1,400 kilomètres), avec une vitesse moyenne à peu près constante de 42 kilomètres à l'heure, a son moteur 3 chevaux (Aster) refroidi par un courant d'eau (thermo-siphon) placé à l'avant. La transmission du moteur au changement de vitesse se fait par engrenages, comme nous l'avons écrit plus haut. La transmission de l'arbre du changement de vitesse au différentiel placé sur l'essieu arrière se fait par roue d'angle montée à l'extrémité de l'arbre portant un joint à la Cardan.

Dans la voiturette Hanzer, le changement de vitesse est à roues toujours en prise, leur calage ou décalage s'obtient par des griffes extérieures.

Dans la voiturette Fernandez il y a un embrayage par cylindre extensible; le changement de vitesse est à train balladeur. La transmission du changement de vitesse au différentiel placé sur l'essieu arrière se fait par roue d'angle et arbre à la Cardan, comme dans la voiturette Renault frères. Dans les précédents véhicules, le refroidissement était à eau; le moteur Fernandez de 3 ch. 5 est à ailettes.

Dans les voiturettes que nous venons de passer en revue, nous avons vu successivement le mécanisme se compliquer à raison de ce que le moteur était placé à l'avant tandis que le différentiel restait sur l'essieu arrière. Avec la voiturette Créanche nous arrivons à une véritable petite voiture montée comme les voitures même de course.

Dans cette voiturette, en effet, bien qu'elle pèse seulement 350 kilogrammes, en ordre de marche le différentiel n'est plus sur l'essieu arrière. Il est placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent chacune un pignon denté relié par chaîne à une couronne dentée fixée au moyeu de la roue motrice correspondante.

D'ailleurs, la transmission entre le moteur et le changement de vitesse se fait par une courroie.

Sur l'arbre moteur est calée une poulie tambour assez longue pour que la courroie puisse y prendre trois positions. Dans celle du milieu, elle passe sur une poulie calée

sur un arbre intermédiaire qui sert à la mise en marche à l'aide d'une manivelle. Dans les positions extrêmes la courroie passe sur deux poulies folles sur cet arbre intermédiaire portant latéralement une roue dentée engrenant avec un pignon calé sur l'arbre du différentiel.

L'arbre intermédiaire porte à une de ses extrémités un pignon denté qui peut, en se déplaçant, entraîner ou abandonner une roue dentée fixée à l'arbre du différentiel.

La poulie calée sur l'arbre du différentiel donne la grande vitesse ou le débrayage. Les poulies extrêmes donnent la deuxième et la troisième vitesse.

La marche arrière s'obtient en interposant un pignon auxiliaire entre les roues de la petite vitesse.

Pour remédier à l'allongement de la courroie, le moteur est porté par un châssis mobile par rapport à l'arbre intermédiaire du changement de vitesse.

Nouvelle ressemblance avec les grosses voitures, le châssis de cette voiturette, au lieu d'être en tubes comme celui des motocycles, est en bois avec consolidations métalliques.

Cependant, dans cette voiturette, la circulation de l'eau nécessaire au refroidissement du moteur est automatique comme dans le thermosiphon alors que dans certaines voiturettes (Hanzer), la circulation de l'eau est obtenue par une pompe rotative comme dans les voitures plus pesantes.

Cette étude sommaire des voiturettes permet de comprendre pourquoi leur mécanisme se compliquant de plus en plus, leur prix va en croissant au point d'atteindre celui des anciennes voitures, alors que si le public avait eu le bon esprit de vouloir conserver à la voiturette le caractère de simplicité convenant à un moyen de transport rudimentaire, il eût pu, moyennant une dépense bien moindre (2,000 francs environ), goûter les joies de la circulation automobile.

Ces diverses voiturettes ont pris part au concours international des voiturettes qui comportait 815 kilomètres sur routes avec des itinéraires très durs, et 34 kilom. 350 sur la piste du lac Daumesnil.

Elles ont effectué ces divers parcours avec des vitesses moyennes de :

CONSTRUCTEURS.	VITESSES MOYENNES.		CONSOMMATION PAR VOITURE-KILOMÈTRE.	
	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.
	kilomètres.	kilomètres.	litres.	litres.
Renault frères	27 1	32 33	0 080	0 075
De Dion et Bouton	27 2	34	0 078	0 088
Hanzer	22	29	0 089	0 090
Fernandez	37	59	0 070	0 110
Créanche	18	27 48	0 076	0 081

De même que les motocycles et quadricycles ont été adaptés au transport de quelques colis légers, de même les châssis des voiturettes précédentes ont été utilisés pour

faire de petites voitures de livraison portant jusqu'à 300 kilogrammes de charge totale.

Plusieurs voitures de livraison de ce genre ont figuré à l'Exposition et ont pris part au concours international des *petits poids*.

A ce concours a figuré avec succès une voiture à moteur électrique système Ricker, qui va nous permettre de faire ressortir les simplifications du mécanisme que permet l'emploi d'un moteur rotatif aussi souple.

Dans cette voiture, où les pivots des roues directrices sont placés dans les moyeux, la suspension est constituée par les bandages pneumatiques et les essieux, malgré le poids notable (1,513 kilogrammes en charge), supportent directement le châssis en tubes qui est relié à la caisse par des ressorts transversaux en forme de chapeau de gendarme.

L'essieu arrière porte le différentiel avec lequel engrène directement une roue dentée fixée à l'arbre moteur d'une dynamo de 2 kilowatts. Celle-ci, mobile autour de l'essieu qu'embrassent deux oreilles, est supportée par un ressort fixé au châssis.

Les trois vitesses sont obtenues par les groupements différents des 4 groupes des 44 accumulateurs formant la batterie.

Le poids total de cette voiture était de 930 kilogrammes à vide; 1,350 kilogrammes en ordre de marche avec les accumulateurs *Aigle;* 1,431 kilogr. 500 en charge moyenne en service de voiture de livraison; 1,513 kilogrammes en charge maximum au départ.

Voitures. — La voiturette jouit en ce moment de la vogue, mais avec le goût de plus en plus grand du public pour le confort et la vitesse, peu à peu elle tend à devenir une véritable voiture. Cette tendance s'accentuera d'autant plus facilement que, sans rien changer à son mécanisme déjà très compliqué, il suffira d'augmenter simplement la force de son moteur et les dimensions de ses divers organes.

Ainsi, à l'Exposition ont figuré et au concours international de tourisme ont pris part des voitures à deux places dont le poids à vide a varié de 450 à 550 kilogrammes.

Nous ne saurions songer à donner une description même sommaire de toutes les voitures non seulement qui ont figuré à l'Exposition mais même de celles qui ont obtenu des récompenses soit du Jury de la Classe 30, soit de la commission d'organisation de la Section VII des concours internationaux.

Nous nous bornerons à les grouper méthodiquement en voitures à moteur électrique, à moteur à vapeur et à moteur à mélange tonnant à raison de leur complication de plus en plus grande.

Ont figuré à l'Exposition ou ont pris part aux concours internationaux :

Les voitures à moteur électrique de Columbia electric Vehicle C° : *hors concours.* — M. Jeantaud : *grand prix.* — M. Scheele (Allemagne); Société française pour l'Industrie et les Mines (système

Krieger); Compagnie internationale des Transports automobiles (système Jenatzy): *médailles d'or.* — Compagnie française des Voitures électromobiles; Société des Voitures électriques et Accumulateurs B. G. S.; Milde fils et Cie. — Ricker electric Vehicle Co E. U. : *médaille d'argent.*

Pour la plupart, les constructeurs admettent que l'emploi de bandages pneumatiques assure une suspension suffisante et n'hésitent pas à fixer le moteur soit aux essieux, soit au châssis qu'ils supportent directement.

Dans les voitures les plus simples, comme dans la voiture système Jenatzy, il y a pour chaque roue motrice arrière un moteur demi-suspendu, c'est-à-dire fixé à l'essieu par deux oreilles qui lui permettent d'osciller tout en conservant une distance invariable à l'axe de l'essieu, et relié à l'autre extrémité au châssis par une lame de ressort. Une roue dentée calée sur l'arbre de la dynamo engrène directement avec une couronne dentée fixée soit au moyeu de la roue si elle est à tendeurs métalliques, soit aux rais s'ils sont en bois.

Dans le camion électrique de 22 tonnes de la raffinerie Say, ce dispositif est quelque peu modifié par ce fait que les deux roues ne tournent pas aux extrémités d'un même essieu, mais chacune à l'extrémité d'un arbre incliné de manière à présenter le carrossage voulu.

Dans le système Krieger, les roues avant sont motrices et directrices par essieu brisé.

Le moteur de chacune est donc placé au-dessus du pivot; à l'origine, sans interposition du ressort, la roue dentée du moteur attaquait le sommet de la couronne dentée de la roue. Depuis 1899, le moteur est suspendu et attaque la couronne dentée par l'extrémité de son diamètre horizontal.

D'autres constructeurs préfèrent mettre le plus possible le moteur électrique à l'abri des trépidations et le placent sur le châssis séparé des essieux par des ressorts.

Ils sont alors obligés de recourir à un organe de transmission déformable qui peut être un quelconque de ceux adoptés dans les voitures à moteur à vapeur ou à mélange tonnant.

M. Jeantaud, en particulier, qui considère qu'un seul moteur a un rendement meilleur que deux, a adopté le dispositif du différentiel sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent des pignons reliés par chaînes aux couronnes des roues motrices.

Nous avons vu plus haut que, dans un coupé électrique, il avait employé un avant-train moteur directeur par transmission intermédiaire à des roues dentées montées sur le prolongement des pivots de direction.

La Société des voitures électromobiles a adopté l'avant-train moteur directeur Doré où l'arbre moteur vertical attaque un différentiel monté sur l'essieu d'un avant-train mobile.

D'après les constatations faites dans les divers concours, on peut calculer qu'une

voiture à moteur électrique bien montée consomme dans les environs de 84 hectowatts-heure par tonne kilométrique.

Nous ne pouvons omettre de signaler que l'omnibus à moteur électrique à trolley automoteur système Lombard Gerin qui a fonctionné à l'annexe de Vincennes a reçu une médaille d'or.

VOITURES À VAPEUR.

Les établissements construisant des voitures à vapeur qui ont paru au Jury de la Classe 30 mériter une récompense sont :

Société des Chaudières et Voitures à vapeur Scotte : *hors concours*. — De Dion et Bouton : *grand prix*. — Gardner-Serpollet : *médaille d'or*. — Chaboche; Turgan; Locomobile C° of America (Stanley); Leblant : *médailles de bronze*. — Gandon : *mention honorable*.

Dans la plupart de ces voitures, la chaudière et le moteur sont placés à l'avant de la voiture; le mécanicien et, au besoin, le chauffeur sont assis entre les appareils qu'ils ont à surveiller et la caisse renfermant les voyageurs ou les marchandises qui n'ont pas à souffrir d'une température trop élevée.

Le chauffage se fait avec un combustible solide (coke), avec trémie dans les voitures de Dion et Bouton, Valentin Purey; sans trémie, Société Scotte; houille, Chaboche-Turgan.

Le combustible est liquide dans les voitures Stanley et Gardner-Serpollet. Depuis l'Exposition, pour leurs voitures de promenade ou de tourisme, MM. Chaboche et Turgan ont également adopté ce mode de chauffage.

Dans la voiture Stanley, la chaudière est à tubes de flamme. Dans les voitures Gardner-Serpollet, Chaboche et Turgan, elle est à tubes d'eau.

Dans la première, les tubes presque capillaires sont portés à la température de caléfaction.

Le grand avantage du combustible liquide, c'est que l'alimentation en combustible du fourneau peut être conjuguée avec celle de la chaudière en eau.

La voiture Serpollet-Gardner est remarquable à ce point de vue. Elle y gagne une souplesse de puissance qui lui a assuré de grands succès dans les courses en pays accidenté qui ont suivi l'Exposition.

Une particularité de cette voiture qui mérite d'être signalée c'est le moteur à quatre cylindres à simple effet où la distribution se fait par soupapes comme dans le moteur à mélange tonnant et, pour le même motif : la température élevée du fluide élastique.

Dans la voiture de Dion et Bouton, le moteur compound est unique. Dans la voiture Turgan, chaque roue motrice a un moteur compound.

La voiture Gandon a été récompensée d'une mention honorable pour tenir compte à ce constructeur de sa tentative de rendre motrices les quatre roues de son tracteur.

VOITURES À MOTEUR À MÉLANGE TONNANT.

Les voitures à moteur à mélange tonnant que le Jury de la Classe 30 a jugées dignes de récompenses sont celles des :

Société des anciens établissements Panhard et Levassor; Bollée (Léon); Brulé; Darracq et Cie; Société des moteurs Crouan : *hors concours.* — De Dietrich et Cie (Allemagne); Société d'automobiles Peugeot; de Dion et Bouton : *grands prix.* — Société des moteurs Gobron et Brillié; Société anonyme d'automobiles Mors; Benz et Cie; Delahaye et Cie; Société des voitures automobiles des établissements Decauville aîné; Société anonyme des établissements Germain (Belgique) : *médailles d'or.* — Société d'automobiles et de traction (système Bardon); Motorfahrzenge (Allemagne); Brouhot et Cie; Société lyonnaise de construction d'automobiles Rochet-Schneider-Renault frères; Société des automobiles Koch; Société des voitures Créanche; Teste-Moret et Cie; Société de mécanique industrielle d'Anzin; Société des anciens établissements Audibert-Lavirotte; Société française d'automobiles; Vulkan automobile Gesellschaft (Allemagne); Cambier et Cie; Henriod : *médailles d'argent.* — Société de Riancey; Ripert; Ouzou et Cie; Fernandez et Cie; Usine industrielle Lux (Allemagne); Turgan et Foy; Société anonyme des voitures automobiles «La Parisienne»; Penelle; Dalifol et Thomas; Rossel; Gillet-Forest; Legros; Luberg; Vermorel; Compagnie des automobiles et moteurs Cote; Roch-Brault; Begot et Cail; Hidien; Keller auto Helvetia (Suisse); Vallée : *médailles de bronze.*

A l'origine, la maison Peugeot a placé le moteur à l'arrière. Seule, à peu près, elle a conservé ce dispositif. Aujourd'hui tous les moteurs sont placés à l'avant, presque toujours dans un coffret par imitation de la voiture Panhard et Levassor. Ce coffret même s'est énormément allongé dans les voitures de course.

Dans les unes, la transmission se fait par courroie (de Dietrich; Delahaye, etc.). A l'origine, où les moteurs étaient peu puissants et où pour diminuer le poids on avait des volants insuffisants, la crainte que la brutalité du moteur à quatre temps ne fût désastreuse pour les engrenages expliquait à un certain point ce mode de transmission.

Aujourd'hui, la transmission par engrenage entre le moteur et le changement de vitesse a fait ses preuves et on ne voit plus que les inconvénients de toute sorte de la courroie. Elle n'offrirait quelque avantage comme mode de freinage énergique que si elle était interposée entre les roues et le changement de vitesse mis à la marche arrière.

Si la courroie continue cependant à être employée par ses premiers adeptes, c'est uniquement parce qu'elle est en quelque sorte leur marque de fabrique.

La courroie est appelée à disparaître, sinon pour les voiturettes où il est facile de corriger son allongement progressif par le déplacement de la partie portant le moteur, au moins pour les voitures pesantes où ce dispositif n'est pas de mise.

La transmission par engrenage tend donc à devenir la seule employée.

Le train balladeur, très combattu, triomphe également. En tout cas, ceux qui emploient encore les changements de vitesse à roues toujours en prise, donnent la préférence à ceux où le calage des roues se fait par des griffes extérieures faciles à vérifier et à réparer.

Pour la marche arrière, on a renoncé aux roues d'angle symétriques engrenant à droite ou à gauche avec la couronne du différentiel, et on emploie presque exclusivement le pignon intermédiaire intercalé entre les roues et le pignon de la petite vitesse.

La direction par essieux brisés est la seule en usage. Les pivots supérieurs et la connexion trapézoïdale en avant de l'essieu figurent sur presque toutes les voitures. De même on trouve sur presque toutes le volant sur tige inclinée; celle-ci porte une vis sans fin engrenant avec ou sans interposition d'une crémaillère-fourrure avec un secteur denté dont la queue est reliée à un des bras de pivot par une bielle à peu près horizontale pour la voiture en charge.

Le différentiel est placé sur un arbre intermédiaire dont les extrémités portent des pignons reliés par des chaînes aux couronnes des roues motrices.

Une pédale met en œuvre le frein à mâchoire qui agit sur une couronne de l'arbre du différentiel et qui est enclenché avec le débrayage du moteur. Le frein à corde agissant sur les couronnes des roues est mis en œuvre par une pédale ou par un levier à main.

Le moteur est vertical ou horizontal. Il est monocylindrique ou polycylindrique (2 ou 4).

Sur les voitures de course, on emploie le moteur à quatre cylindres avec régulation automatique, autrefois sur l'échappement, actuellement sur l'admission, dans les deux maisons de construction Mors, Panhard et Levassor.

Malgré cette préférence des gens les plus compétents, nous croyons, avec M. le comte de Chasseloup-Laubat, que, pour ces moteurs à quatre cylindres, il vaudrait mieux conserver la régulation sur l'échappement, dût-on le rendre partiel pour en modérer la brutalité.

Le châssis qui, à l'origine, était en fer profilé, tend de plus en plus à se faire en bois avec consolidations en métal.

Les coussinets des divers arbres et surtout ceux de l'arbre intermédiaire sont disposés de manière à permettre le jeu nécessaire aux flexions du châssis.

La longueur du châssis n'a jamais cessé de croître :

1895.....	Course de Paris-Bordeaux.....	$1^{m}30$
1896.....	Course de Paris-Marseille.....	1 70
1899.....	Tour de France.....	2 00
1900.....	Course de Paris-Toulouse.....	2 35

Il en est de même de la largeur de la voie et du diamètre des roues qui tend de plus en plus à devenir le même à l'avant et à l'arrière.

1895.....	AV.....	$0^{m}80$	1896.....	AV..... / AR.....	$1^{m}06$
	AR.....	1 00			

La largeur de la voie est de 1 m. 35; cependant pour les voitures circulant dans Paris, on adopte fréquemment 1 m. 44, espacement des rails de tramways.

Quant à la puissance des moteurs, le tableau suivant fait ressortir les puissances successives et les vitesses moyennes obtenues sur de longs parcours ou dans des essais du kilomètre.

	COURSES.	VITESSE MOYENNE en kilomètres à l'heure.	PUISSANCE en CHEVAUX-VAPEUR.
1894.....	Paris-Rouen.....	21 00	3 75
1895.....	Paris-Bordeaux et retour.....	24 20	4 00
1896.....	Paris-Marseille et retour.....	25 20	6 00
1898.....	Paris-Amsterdam.....	44 70	12 00
1899.....	Paris-Bordeaux.....	48 26	16 00
1900.....	Paris-Toulouse et retour.....	64 00	30 00
1901.....	Paris-Berlin.....	71 10	40 00

Le tableau suivant qui donne les poids successifs de la voiture en charge par rapport à la puissance du moteur, c'est-à-dire le nombre des kilogrammes de poids total correspondant à un cheval-vapeur nominal, donnera peut-être une idée plus saisissante de la progression croissante de la puissance du moteur.

1894.....	Paris-Rouen.....	250 kilogr.
1895.....	Paris-Bordeaux-Paris.....	185
1896.....	Paris-Marseille-Paris.....	616
1898.....	Paris-Amsterdam.....	100
1899.....	Paris-Bordeaux.....	65
1900.....	Paris-Toulouse.....	33
1901.....	Paris-Berlin.....	30

On nous objectera probablement que la description sommaire que nous donnons du type rationnel vers lequel tend le châssis de la voiture à moteur à mélange tonnant est celle du type adopté pour les voitures arrivées premières dans les courses sensationnelles.

Nous ne ferons aucune difficulté de le reconnaître.

C'est sur la voiture de course que l'on essaie tous les dispositifs qui paraissent de nature à favoriser la marche en diminuant et les chances d'avaries et la durée de leurs réparations, car seule elle peut payer les dépenses qu'entraîne la construction d'un nouveau type; seule la course impose à ce type des conditions de travail continu suffisantes pour renseigner sur l'endurance des divers organes et sur la facilité de leur réparation en cours de route.

C'est la liberté des courses qui a permis à l'industrie automobile, née en 1895, de prendre, en France, un développement qui fait l'étonnement et l'admiration des pays étrangers, tout en procurant du travail à des milliers d'ouvriers comptant parmi les plus intelligents.

Mais si le monde sportif ne considère que la vitesse atteinte dans les courses, le monde industriel et commercial se préoccupe surtout de l'économie de l'instrument de transport.

Aussi, dans le tableau suivant, avons-nous cru devoir résumer tous les renseignements que le Jury a recueillis avant de se prononcer sur le mérite des divers exposants.

I. — MOTEURS À VAPEUR.

CONSTRUCTEURS.	POIDS en KILOGRAMMES.	PUISSANCE du MOTEUR en CHEVAUX-VAPEUR.	VITESSES MOYENNES EN KILOMÈTRES par heure.		CONSOMMATION EN LITRES par VOITURE-KILOMÈTRE.		CONSOMMATION EN LITRES par TONNE-KIOMÈTRE.	
			ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.
1° TOURISME.								
Gardner-Serpollet..... 2 places.	550 V. 650 M. 790 C.	5 4 cylindres horizontaux.	25k 500	32k 200	0l 209	0l 195	0l 264	0l 246
Gardner-Serpollet..... 4 places.	1,150 V. 1,280 M. 1,560 C.	8 4 cylindres horizontaux.	23 700	//	0 287	//	0 183	//
2° VOITURES DE LIVRAISON.								
Chaboche.....	2,110 V. 2,610 M. 3,210 C.	12 3 cylindres verticaux.	24k 720	32k 703	0l 782	0l 785	0l 244	0l 245
3° VOYAGEURS.								
OMNIBUS.								
De Dion et Bouton..... 1897...	5,040 M. 6,160 C.	25 Compound.	14k 500	//	1l 910	//	0l 310	//
De Dion et Bouton..... 1898...	6,380 M. 8,380 C.	30 Compound.	14 460	//	2 680	//	0 320	//
De Dion et Bouton..... 1899...	6,260 M. 8,260 C.	30 Compound.	19 800	//	3 790	//	0 460	//
De Dion et Bouton..... 1900...	6,500 M. 8,300 C.	35 Compound.	15 000	//	2 690	//	0 325	//
Turgan.....	3,000 V. 3,700 M. 4,900 C.	40 Compound.	13 000	22k 000	4 000	2l 890	0 660	0l 589
4° MARCHANDISES.								
CAMION.								
De Dion et Bouton..... 1898...	5,900 M. 9,900 C.	30 Compound.	11k 100	//	//	//	0l 423	//
De Dion et Bouton..... 1899...	5,540 M. 8,840 C.	30 Compound.	14 800	//	//	//	0 310	//
De Dion et Bouton..... 1900...	5,270 M. 5,670 C.	30 Compound.	13 000	20k 700	2l 584	2l 750	0 423	0l 358

II. — VOITURES À MÉLANGE TONNANT.

CONSTRUCTEURS.	POIDS en KILOGRAMMES.	PUISSANCE du MOTEUR en CHEVAUX-VAPEUR.	VITESSES MOYENNES EN KILOMÈTRES par heure.		CONSOMMATION EN LITRES			
					PAR VOITURE-KILOMÈTRE.		PAR TONNE-KILOMÈTRE.	
			ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.
1° TOURISME.								
Peugeot (2 places)	500 V. 540 M. 750 C.	3.5 2 cylindres horizontaux.	21k 970	26k 089	0l 0825	0l 090	0l 110	0l 120
Delahaye — 2 places.	500 V. 540 M. 689 C.	4.5 1 cylindre horizontal.	23 300	23 590	0 0816	0 083	0 120	0 122
Delahaye — 4 places.	970 V. 1,040 M. 1,320 C.	6 2 cylindres horizontaux.	28 300	31 700	0 095	0 107	0 072	0 081
Delahaye — 6 places.	900 V. 1,000 M. 1,420 C.	6 2 cylindres horizontaux.	28 800	31 700	0 110	0 116	0 077	0 080
Rochet-Petit (2 places)	730 V. 860 M. 1,000 C.	6 4 cylindres verticaux.	25 430	?	0 102	0 087	0 102	0 087
De Riancey (2 places)	520 V. 560 M. 700 C.	4.75 1 cylindre équilibré horizontal.	24 590	27 000	0 094	0 097	0 137	0 138
Penelle (2 places)	790 V. 870 M. 1,080 C.	5.50 ?	21 100	31 700	0 165	0 083	0 150	0 077
De Dietrich (4 places)	1,090 V. 1,200 M. 1,480 C.	9.5 2 cylindres horizontaux.	27 000	37 472	0 198	0 160	0 134	0 108
Brouhot — 4 places.	910 V. 1,025 M. 1,305 C.	7 2 cylindres horizontaux.	23 200	31 700	0 181	0 116	0 138	0 089
Brouhot — 6 places.	1,220 V. 1,340 M. 1,760 C.	9 2 cylindres horizontaux.	22 100	38 880	0 207	0 147	0 117	0 080
Hurtu (4 places)	550 V. 630 M. 910 C.	5 1 cylindre vertical.	24 300	//	0 110	0 076	0 120	0 083
Bardon (4 places)	800 V. 875 M. 1,155 C.	7.25 1 cylindre équilibré horizontal.	26 930	38 160	0 154	0 128	0 133	0 110
G. Richard (4 places)	840 V. 922 M. 1,202 C.	7 2 cylindres horizontaux	23 600	31 700	0 170	0 180	0 141	0 150
Gobron et Brillié (4 places)	850 V. 950 M. 1,230 C.	9 2 cylindres équilibré vertical.	27 000	31 700	0 117	0 145	0 095	0 118
Anciens établissements Panhard et Levassor — 4 places.	850 V. 960 M. 1,170 C.	12 4 cylindres verticaux.	34 250	46 800	0 109	0 115	0 094	0 098
Anciens établissements Panhard et Levassor — 6 places.	950 V. 1,070 M. 1,490 C.	8 4 cylindres verticaux.	26 300	31 700	0 187	0 145	0 125	0 097
Anciens établissements Panhard et Levassor — 12 places	2,800 V. 3,050 M. 4,310 C.	12 4 cylindres verticaux.	19 500	27 100	0 346	0 337	0 081	0 078

CONSTRUCTEURS.	POIDS en KILOGRAMMES.	PUISSANCE du MOTEUR en CHEVAUX-VAPEUR.	VITESSES MOYENNES EN KILOMÈTRES par heure.		CONSOMMATION EN LITRES			
					PAR VOITURE-KILOMÈTRE.		PAR TONNE-KILOMÈTRE.	
			ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.
2° VOYAGEURS.								
VOITURES DE PLACE. — SERVICE URBAIN.								
Peugeot (1900)	705 M. 845 C.	4	18k 200	28k 560	0l 110	0l 105	0l 132	0l 124
De Riancey (1900)	835 M. 975 C.	5	13 200	21 138	0 139	0 126	0 142	0 129
Anciens établissements Panhard et Levassor (1899)	1,160 M. 1,300 C.	6	18 500	25 050	0 105	//	0 080	//
OMNIBUS. — SERVICE DE BANLIEUE.								
Anciens établissements Panhard et Levassor — 1897	2,400 M. 3,400 C.	12	12k 500	//	0l 499	//	0l 147	//
Anciens établissements Panhard et Levassor — 1898	2,250 M. 3,250 C.	8	14 500	//	0 354	//	0 109	//
Anciens établissements Panhard et Levassor — 1899	3,050 M. 4,260 C.	12	14 750	//	0 464	//	0 109	//
Anciens établissements Panhard et Levassor — 1900	3,020 M. 4,620 C.	12	11 220	//	0 456	//	0 099	//

3° MARCHANDISES.

LIVRAISON EN VILLE. — POIDS LÉGERS.

CONSTRUCTEURS.	POIDS en KILOGRAMMES.	PUISSANCE du MOTEUR en CHEVAUX-VAPEUR.	VITESSES MOYENNES EN KILOMÈTRES par heure.		CONSOMMATION EN LITRES				
					PAR VOITURE-KILOMÈTRE.		PAR TONNE-KILOMÈTRE.		par 100 KILOGRAMMES en charge utile.
			ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	
De Dion et Bouton	555 M. 820 C.	3. 5	12k 780	34k 900	0l 113	0l 100	0l 164	0l 145	0l 0842
Peugeot	685 M. 985 C.	4	14 500	27 480	0 136	0 096	0 162	0 115	0 096
Gillet et Forest	690 M. 990 C.	5	13 520	33 200	0 142	0 103	0 160	0 116	0 091
Fernandez	480 M. 580 C.	3. 5	15 470	25 440	0 065	0 0465	0 120	0 087	0 123
Corre	480 M. 780 C.	3	14 710	38 000	0 137	0 070	0 217	0 110	0 198

LIVRAISON EN BANLIEUE. — POIDS MOYEN.

CONSTRUCTEURS.	POIDS en KILOGRAMMES.	PUISSANCE du MOTEUR en chevaux-vapeur.	VITESSES MOYENNES EN KILOMÈTRES par heure		CONSOMMATIONS MOYENNES EN LITRES					
					PAR VOITURE-KILOMÈTRE.		PAR TONNE-KILOM. BRÛLÉ.		PAR TONNE-KILOM. UTILE.	
			ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.
Brouhot	1,400 M. 2,400 C.	8	14k 300	25k 920	0l 263	0l 156	0l 109	0l 065	0l 265	0l 156
De Dietrich	1,350 M. 2,700 C.	9. 5	16 800	25 920	0 270	0 288	0 100	0 106	0 200	0 212

CONSTRUCTEURS.	POIDS en KILOGRAMMES.	RAPPORT $\frac{V}{T}$	PUISSANCE du MOTEUR en CHEVAUX-VAPEUR.	VITESSES MOYENNES EN KILOMÈTRES par heure.		CONSOMMATIONS MOYENNES EN LITRES			
						PAR VOITURE-KILOMÈTRE.		PAR TONNE-KILOMÈTRE.	
				ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.	ITINÉRAIRE.	PISTE.
CAMIONS. — POIDS LOURDS.									
PEUGEOT	1,580 M. 3,080 C.	0 487	8	13k 260	15k 330	0l 291	0l 258	0l 116	0l 107
ANCIENS ÉTABLISSEMENTS PANHARD ET LEVASSOR.	2,220 M. 4,470 C.	0 458	8	11 500	"	0 467	"	0 103	"
DE DIETRICH. 1900.	1,910 M. 4,410 C.	0 566	9.5	12 200	16 740	0 475	0 376	0 106	0 093
DE DIETRICH. 1899.	1,784 M. 4,084 C.	0 563	9.5	10 680	"	"	"	0 110	"
DE DIETRICH. 1898.	1,870 M. 3,370 C.	0 445	9.5	10 800	"	"	"	0 164	"
DE DIETRICH. 1897.	1,300 M. 2,500 C.	0 480	6.5	8 500	"	"	"	0 115	"

Bien que les épreuves où on a cherché à déterminer la consommation de l'alcool carburé soient postérieures à l'Exposition de 1900, la question de la substitution de l'alcool carburé à l'essence dans le moteur à mélange tonnant est tellement importante que nous croyons devoir, dans le tableau suivant, rapprocher les unes des autres les consommations pour un même moteur en alcool carburé dans la course Paris-Roubaix, et en essence dans les épreuves relatées ci-dessus.

NOMS DES CONSTRUCTEURS.	ESSENCE.		ALCOOL CARBURÉ à 50 p. 100.	
	POIDS EN CHARGE.	CONSOMMATION par TONNE-KILOMÈTRE.	POIDS EN CHARGE.	CONSOMMATION par TONNE-KILOMÈTRE.
	kilogrammes.	litres.	kilogrammes.	litres.
DELAHAYE	689	0 120	900	0 1075
	"	"	925	0 092
	"	"	1,240	0 0979
	"	"	1,310	0 107
	1,320	0 072	"	"
	1,420	0 077	"	"
PANHARD ET LEVASSOR	"	"	1,020	0 111
	1,170	0 094	"	"
	1,490	0 125	"	"
	"	"	1,550	0 0909
GOBRON-BRILLIÉ (Compagnie Nancéenne)	"	"	945	0 135
	1,230	0 095	"	"
	"	"	1,325	0 089

C. F. E.

NOMS DES CONSTRUCTEURS.	ESSENCE.		ALCOOL CARBURÉ à 50 p. 100.	
	POIDS EN CHARGE.	CONSOMMATION par tonne-kilomètre.	POIDS EN CHARGE.	CONSOMMATION par tonne-kilomètre.
	kilogrammes.	litres.	kilogrammes.	litres.
G. Richard	510	0 137	//	//
	//	//	1,202	0 141
Bardon	1,155	0 133	//	//
	//	//	1,445	0 121
Brouhot	//	//	1,255	0 131
	1,305	0 138	//	//
De Dietrich-Martha	1,480	0 134	//	//
	//	//	1,535	0 0988

Nous n'aurions pas donné, malgré la longueur démesurée de notre rapport, une idée nette de l'importance atteinte en France par l'industrie automobile, si nous n'indiquions pas, au moins d'une manière sommaire, le nombre approximatif des ouvriers qui travaillent dans les 200 maisons de construction.

La Chambre syndicale de l'automobile, à laquelle 107 de ces maisons sont affiliées, évalue à 50,000 le nombre des ouvriers occupés directement à la construction des automobiles et à peu près au même nombre ceux qui trouvent du travail dans les industries annexes.

Les chiffres des importations et exportations permettront d'apprécier d'un seul coup d'œil le rôle de cette nouvelle industrie dans le développement de la richesse nationale de notre pays.

DÉSIGNATION.	1898.		1899.		1900.	
	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.
Voitures à traction animale.	864,318	2,157,295	749,820	4,274,039	612,000	3,053,596
Cycles et motocycles	8,925,320	10,654,000	7,942,850	10,153,530	6,536,800	7,919,000
Voitures automobiles	350,070	1,749,350	472,650	4,259,330	509,000	9,410,000

La confusion des cycles et motocycles dans les écritures de la douane dissimule le trafic propre des derniers auxquels on doit attribuer presque toute la valeur de l'exportation, alors que les cycles, au contraire, constituent la presque totalité des importations.

Puissent les Pouvoirs publics puiser dans ces renseignements la résolution de ne pas ruiner par une réglementation exagérée une pareille source de travail pour nos ouvriers les plus intéressants, car ils sont les plus intelligents.

CLASSE 31

Sellerie et Bourrellerie

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

M. AUGUSTE LASNE

PRÉSIDENT DE LA CHAMBRE SYNDICALE DES SELLIERS-HARNACHEURS

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. Savoy (Jean-Claude), exportation d'articles de sellerie et de bourrellerie (comités, jury, Paris 1878; comité d'admission, Paris 1900), *Président*. France.

Squires (Frédérick), articles pour sellerie, selles et harnais (maison Jenkinson et C°), *Vice-président*..... Grande-Bretagne.

Lasne (Auguste), sellerie, harnachement (comités, médaille d'or, Paris 1878; comités, jury, Paris 1889; comités, Paris 1900), président de la Chambre syndicale des selliers-harnacheurs, *Rapporteur*..... France.

Copeau fils (Victor-Joseph), bonclerie, articles pour sellerie (médaille d'or, Paris 1889), *Secrétaire*..... France.

JURÉ SUPPLÉANT FRANÇAIS.

M. Roduwart (Georges), sellerie [maison Roduwart frères] (médailles d'or, Paris 1867, 1878; président des comités, Paris 1900)..... France.

JURÉ TITULAIRE ÉTRANGER.

M. Duran Ballen (Sixto), agriculteur..... Équateur.

JURÉ TITULAIRE FRANÇAIS.

M. Harrault (Laurent), président de la Chambre syndicale des selliers-bourreliers (comités, Paris 1900)..... France.

EXPERT.

M. Cadiot, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort..... France.

SELLERIE ET BOURRELLERIE.

La Sellerie et la Bourrellerie réunies formaient, à l'Exposition universelle internationale de 1900, une classe spéciale, à laquelle le Jury supérieur a décerné, sur les propositions du Jury international :

5 grands prix;
24 médaillles d'or;
52 médailles d'argent;
24 médailles de bronze;
10 mentions honorables.

Nous ne ferons pas l'historique de ces corporations. Ce sujet a été bien traité dans le catalogue par M. Clément, rapporteur de la Classe 31. Ce que nous pourrions ajouter présenterait moins d'intérêt que la revue que nous nous proposons de faire des produits exposés et des progrès qui ont été réalisés depuis l'Exposition de 1889.

Préparé par les précédentes expositions aux fonctions toujours délicates de rapporteur du Jury de la Classe 31, nous nous sommes livré, avec l'attention la plus scrupuleuse et la plus minutieuse, à l'examen des produits dont nous avions à faire la critique.

Ce que nous avons vu en 1900 ne fait que justifier nos prévisions antérieures.

Les pays étrangers accentuent de plus en plus leur tendance à reproduire les formes de la sellerie en usage dans l'Europe occidentale.

Si flatteurs que soient pour notre amour-propre les efforts qu'on fait pour nous copier, ils ne doivent pas nous endormir dans une trop confiante sécurité. Nous devons veiller à ce que les progrès qui seront accomplis ne le cèdent en rien à ceux qui ont été réalisés au cours du siècle qui vient de s'écouler.

Le succès remporté par la section française doit nous y encourager, et nous pouvons, sans fausse modestie, constater que la supériorité de ses produits, sous le rapport de l'élégance des formes et de la perfection du travail, a été unanimement reconnue, non sans une certaine inquiétude de la part de nos concurrents les plus directs. C'est une vive satisfaction pour nous de pouvoir l'enregistrer.

Mais ces concurrents, en s'inspirant de nos articles et en pénétrant notre mode de faire, vont redoubler d'efforts pour nous égaler et même pour nous surpasser.

C'est à la sellerie française qu'il appartient, par des procédés nouveaux et des soins plus attentifs encore, de se maintenir au premier rang.

Comme application de produit moderne, dans la fabrication d'un des articles les plus importants de la sellerie, nous mentionnerons l'emploi du caoutchouc gonflé pour les colliers d'attelage de luxe, et, comme améliorations à des pièces de harnais facilitant l'attelage et le dételage du cheval, les modifications apportées au porte-brancard, pour l'attelage sur les voitures à quatre roues, ainsi qu'au rond de dossière pour l'attelage sur les voitures à deux roues.

Signalons les quelques changements apportés dans le mode de ferrure de l'arçon en cuir pour les selles.

La bourrellerie, dont les produits sont toujours assujettis à un service des plus pénibles, s'est particulièrement préoccupée des moyens propres à améliorer et à régulariser le tirage du cheval, en perfectionnant le collier et les accessoires dont il est pourvu.

Ajoutons que, depuis quelque temps déjà, la bourrellerie expérimente l'emploi d'un cuir préparé par des procédés nouveaux supprimant le tanin et l'alun.

Le cuir tanné au chrome, car c'est de cette substance dont il s'agit, possède plusieurs propriétés qui, par leurs avantages, le recommandent au consommateur.

Il est plus léger que le cuir tanné aux écorces; l'eau et la chaleur sont sans action pour lui enlever les formes auxquelles il a été soumis.

Il est vrai que cette propriété particulière pourrait, dans certains cas, devenir un défaut, et, avant d'en préconiser l'adoption définitive, il convient de faire quelques réserves, et d'attendre qu'une plus longue expérience en ait démontré la supériorité.

L'Exposition rétrospective centennale constituait pour tous les visiteurs une attraction des plus intéressantes, et, pour les professionnels, un enseignement des plus précieux, mais cette exposition devant faire l'objet d'un rapport spécial, nous n'ajouterons rien de plus. Nous le regrettons presque, car la comparaison des produits fabriqués au début et au cours du siècle qui va s'achever avec ceux de notre époque aurait suggéré de bien instructives observations.

Dans un ordre d'idées à peu près identique, il est fâcheux que les nations étrangères ne nous aient pas envoyé un plus grand nombre des articles fabriqués suivant le goût et les besoins de leur consommation locale. Cette exposition aurait eu un caractère d'originalité plus attractif, et nous y aurions peut-être puisé d'utiles inspirations.

HORS CONCOURS.

M. Lasne (*Auguste*), France.

(Membre du Jury.)

M. Auguste Lasne, sellier-harnacheur, à Paris, rue de Penthièvre, 19, a fondé sa maison en 1859.

C'est essentiellement dans la façon donnée aux matières premières employées et dans l'achèvement du travail que cette exposition doit être observée.

Cette vitrine renferme :

Trois paires de harnais, cuir noir, garnitures et bouclerie cuivre;

Deux harnais à un cheval, cuir noir, garnitures et boucleries plaquées argent;

Un équipage d'ordonnance de grande tenue pour officier général;

Un équipage d'ordonnance de petite tenue pour officier général;

Un équipage pour officier monté pour toutes armes;

Deux selles de dames;

Cinq selles pour cavaliers, variant de dimensions et de formes;

Et autres accessoires.

MM. Roduwart *frères*, France.

(Membre du Jury.)

MM. Roduwart frères, selliers-harnacheurs, à Paris, avenue d'Antin, 45, titulaires d'une maison dont la fondation remonte à 1797, exposent :

Une paire de harnais de gala, cuir noir, garniture cuivre doré ciselé;

Un harnais de demi-Daumon;

Une paire de harnais de route, cuir noir, la garniture enveloppée;

Un harnais de bugghi, cuir jaune, garniture cuivre, sellette à bâtines;

Un harnais à un cheval, cuir noir, garniture plaquée argent;

Une paire de harnais de poste, cuir jaune, garniture nickelée.

Comme sellerie d'équitation ces messieurs présentent :

Une selle pour dame;

Deux selles pour cavaliers;

Une selle pour équipage de Daumon.

M. Harrault, France.

(Membre du Jury.)

M. Laurent Harrault, sellier-bourrelier, à Paris, rue des Vinaigriers, 63, tient un établissement dont la création remonte à 1785.

Les produits qu'il expose sur sol se composent :

De deux harnais de camions, cuir noir, de modèles différents;

D'un harnais de petit tombereau:

D'un harnais de tapissière;

D'un harnais de voiture de place:

D'un harnais de cabriolet;

D'un harnais de petit omnibus et trois colliers à attelles en bois, dont le montage constitue l'œuvre essentielle de la bourrellerie.

M. Lhéritier, France.

(Membre du Jury.)

M. A. Lhéritier et Cie, huiles, graisses et produits pour la sellerie et la bourrellerie, avenue de Paris, 86, Plaine-Saint-Denis.

Les produits que fabrique cette maison et la réputation qu'elle s'est acquise l'ont fait choisir, par la Classe 40, comme membre du Jury international, la plaçant ainsi hors concours pour toute récompense pour laquelle aurait pu la proposer le Jury de la Classe 31.

GRANDS PRIX.

M. Hermès (Adolphe), France.

M. Adolphe Hermès, à Paris, manufacture de sellerie, faubourg Saint-Honoré, 24, et rue Boissy-d'Anglas, 19.

Cette maison, dont l'origine remonte à la première moitié du siècle, justifie, par la valeur des travaux qu'elle a produits, les succès acquis depuis sa fondation.

Dans sa vitrine M. Hermès expose :

Un attelage de Daumon, sur certaines pièces duquel il reproduit un genre de travail très recherché qu'il avait déjà appliqué en 1889;

Une paire de harnais de fantaisie, harnais rond sans piqûres apparentes, procédé renouvelé également de l'Exposition de 1889, mais différents par la forme;

Une paire de harnais de coupé;

Une paire de harnais légers, fantaisie.

Cette fantaisie résulte de la garniture qui, de façon enveloppée, a été encadrée sur toutes les pièces de sa composition, les attelles comprises, d'un filigrane qui, éclairant la pièce, l'allège et produit un très agréable effet.

La fragilité de ce filigrane peut seule, à l'usage, contribuer à faire disparaître l'élégance de ces harnais qui, ainsi que les désignent son auteur, sont plus fantaisistes que pratiques;

Deux harnais à un cheval, une sellette Stanhope et une seconde sellette sans troussequin, complètent, comme harnachement du cheval d'attelage, cette partie de l'exposition de M. Hermès, où nous retrouvons le goût auquel il nous a habitués à chacune de celles où il a figuré.

Comme sellerie d'équitation, nous voyons :

Des selles pour dames, dont une s'intitule *de sûreté* et dont le système consiste à rétablir, par un appendice mobile, la palette fixe existant autrefois et qui avait été supprimée, comme dangereuse d'abord et disgracieuse aussi pour les formes d'ensemble de la selle.

Une autre particularité, présentée sur une seconde selle de dame, provient de la disposition et de la coupe du quartier hors montoir, pouvant permettre à l'amazone de resserrer elle-même le sanglage de sa selle.

Ici encore, nous estimons que l'avantage recherché peut avoir les plus grands inconvénients et occasionner un accident.

L'effort réalisé et la mobilité du cheval peuvent être la cause du désarçonnement de l'amazone.

Des selles pour cavaliers, une selle d'arme pour officier général de l'armée russe, complètent cette importante exposition.

M. Thiriet, France.

M. Gustave Thiriet, à Raucourt (Ardennes), manufacture de boucles en tous genres.

Cet établissement, un de ceux qui ont le plus contribué à la prospérité industrielle des Ardennes, a été fondé, en 1840, par M. Thiriet-Lallement, dont le décès prématuré, en 1865, obligea son fils à en prendre la direction.

Les premières préoccupations de ce tout jeune industriel se portèrent sur l'obligation où il se trouvait de transformer son mode de fabrication, qui s'exécutait exclusivement à la main. Après de nombreuses études et de coûteux essais, il arrivait à remplacer les procédés rudimentaires et dispendieux par le travail à la mécanique.

Les usines qu'il a fait construire occupent plus de 400 ouvriers, produisant, par jour, plus de 500,000 pièces variées, qui sont vendues dans le monde entier.

L'une des plus récentes innovations de cet établissement est l'application de la soudure autogène par l'électricité. Le progrès réalisé est immense; il offre une supériorité indiscutable sur la soudure au feu, comme résistance et comme netteté.

M. Thiriet, solidarisant les intérêts de ses ouvriers avec les siens, a fondé, il y a vingt ans, une société de secours mutuels qui, aujourd'hui, possède plus de 20,000 francs. De plus, il alloue une pension annuelle de 100 francs à tout ouvrier qui a mérité la médaille d'honneur par suite de trente années de présence et de collaboration aux travaux des usines.

Si sommairement que soit fait cet énoncé, il indique suffisamment la valeur de cet exposant.

M. Camille jeune, France.

M. Alphonse Camille jeune, à Paris, chevalier de la Légion d'honneur, commissionnaire, fabricant, exportateur de tous articles de sellerie, rue de Château-Landon, 24.

Cet établissement, qui dans l'industrie de la sellerie, est le plus important comme production, a été fondé en 1827.

M. Camille a contribué, par sa grande compréhension des affaires et sa haute direction dans la fabrication, à donner à sa maison l'extension qu'elle a prise dans ses relations avec toutes les administrations de l'État, qui ont recours à ses fournitures, et avec tous les pays du globe, où la marque de ses produits est recherchée.

L'exposition complète que M. Camille nous présente est un échantillon de toutes les marchandises confectionnées dans ses ateliers. Elles revêtent bien exactement le cachet de leur origine; les selles, leurs accessoires, les harnais et autres pièces détachées, faisant partie du harnachement du cheval, sont bien rendus pour les besoins de la vente.

Un harnachement pour un souverain des contrées de l'Afrique se fait remarquer par ses broderies en or, par le dessin et les ciselures des pièces métalliques qui en rehaussent l'ensemble.

En dehors de cette exposition à la Classe 31, au pavillon de la côte française des Somalis au Trocadéro, M. Camille soumet, au Jury international, une selle abyssine équipée.

M. Simonin-Blanchard et Cie, France.

M. Simonin-Blanchard et Cie, à Paris, manufacture d'outils pour la sellerie et la bourrellerie, rue Fontaine-au-Roi, 13.

La maison Simonin-Blanchard a été fondée en 1823. Elle a toujours conservé la dénomination de son fondateur.

Pendant cette longue carrière, sa bonne organisation et sa puissante administration l'ont conduite à une prospérité toujours croissante, et sa réputation, tant en France qu'à l'étranger, où elle a obtenu les plus hautes récompenses aux expositions où elle a figuré, est établie d'une façon aussi exacte que justifiée.

Il serait long et difficile d'énumérer tous les outils garnissant une vitrine installée avec la plus grande symétrie et le plus grand goût. Nous nous contenterons de signaler les trois derniers outils qui viennent d'être mis en service et qui, par leur usage, sont appelés à être très utiles pour toutes les industries du cuir.

Ces trois outils nouveaux sont :

Des ciseaux à main, dont la puissance permet de trancher les cuirs les plus épais ;

Des couteaux à jonctionner, préparant avec toute régularité, et selon toute étendue exigible, les deux cuirs qui doivent être soudés l'un à l'autre ;

Des couteaux à encastrer permettant de noyer le fil de la couture dans les entailles qu'ils produisent.

La haute récompense, proposé par le Jury international de la Classe 31, et que le Jury supérieur a si justement confirmée, s'imposait pour des industriels de cette valeur.

M. de l'Écluse (Charles), France.

M. Charles de l'Écluse, à Paris, fabrique de plaqué et d'articles en tous genres pour garnitures de harnais, ornements, éperonnerie, rue du Rocher, 46.

Cet établissement, le plus important de la capitale dans ses spécialités, remonte comme création à 1828.

En 1874, M. de l'Écluse, par reprise de fonds industriel, succédait à trois prédécesseurs éminents, M. Créqui, fondateur, M. Émile Ferry, qui devint maire du IXe arrondissement de Paris et plus tard député, et M. Mairet, dont les connaissances professionnelles et le haut goût lui avaient fait ajouter encore des modèles nouveaux à une collection déjà remarquable.

Organisateur lui-même, administrateur distingué, savant aussi, il est facile à M. de l'Écluse de continuer les traditions de la maison.

Toutes ses préoccupations le portent vers ce but.

Fâcheusement, les changements survenus dans les idées, dans les goûts, résultant de l'état social actuel, les transformations dans les habitudes, qui se sont portées vers d'autres exercices, ont suspendu l'essor de cette maison qui, toutefois, n'a rien perdu des éléments essentiels pour de nouveaux succès.

La ferme opinion qu'on peut en avoir est confirmée par l'examen des œuvres qui garnissent sa vitrine d'exposition. La régularité des formes, l'exactitude dans le dessin, le modelé et la finesse de la ciselure, en un mot tout l'achèvement du travail lui fait tenir le rang qu'à juste titre elle a la prétention d'avoir toujours su conserver.

MÉDAILLES D'OR.

M. Clément, France.

M. Gabriel Clément fils, à Paris, sellier-harnacheur, rue du Colisée, 16.

Cette maison, fondée en 1868, est aujourd'hui dirigée par M. Clément, fils de l'un de ses fondateurs, qui, dans sa vitrine d'exposition, nous présente :

Quatre paires de harnais, avec garnitures en métal différent;

Quatre harnais à un cheval, dont les garnitures, différentes aussi comme métal, sont soit en cuivre, soit en plaqué argent.

Toute cette fabrication fait honneur à la maison; le travail est bien compris et l'exécution en est faite avec soin; M. Clément a droit aux félicitations du Jury.

En dehors de ces harnais, et sur le premier plan, nous voyons figurer deux selles pour dames et quatre selles pour cavaliers.

M. Vanlerberghe, France.

M. Constant Vanlerberghe, à Paris, sellier-harnacheur, rue de l'Isly, 1.

Cette maison a été fondée, en 1853, par M. Vanlerberghe père, qui l'a transmise à son fils en 1886.

Toute la fabrication des harnais garnissant la vitrine de cet exposant ne mérite que des éloges; elle est sérieuse et raisonnée.

Ces harnais se répartissent ainsi :

Quatre paires de harnais, dont une paire en cuir jaune, désignée comme harnais de route;

Quatre harnais à un cheval, dont un pour cab et un autre pour campagne approprié pour voitures à deux roues et voitures à quatre roues.

Les selles pour équitation, placées au premier plan, sont au nombre de cinq :

Une selle pour dame;

Une selle de dressage sur chair, bien traitée, faite avec soin;

Trois autres selles pour cavaliers.

Des couvertures d'attente, des couvertures d'équipage en drap Water et en drap léger, d'autres articles accessoires de sellerie complètent cette exposition qui compte parmi les honnes de la sellerie française.

MM. Altairac frères, France.

MM. Altairac frères, à Alger, fournitures générales pour l'armée, usines à Maison-Carrée et à Mustapha.

Établissement fondé, en 1860, par M. Altairac père et considérablement agrandi par ses fils, qui y occupent 400 ouvriers.

Les produits que ces Messieurs exposent sont de bonne qualité, bien établis pour le service qu'ils doivent faire. Et c'est avec la plus grande satisfaction que le Jury de la Classe 31 a rappelé, par une médaille d'or, les titres que ces exposants possédaient pour obtenir la haute récompense qui leur a été décernée.

MM. Fortin et fils, France.

MM. Eugène Fortin et fils, à Clermont (Oise), fabricants de feutres pour la sellerie et la bourrellerie.

M. Eugène Fortin succèda à son père en 1873, et pour donner à sa fabrication tout le développement qu'exigeait une clientèle considérablement agrandie, il quittait Paris en 1881 et installait à Clermont l'important établissement qu'il dirige et où il occupe plus de 50 ouvriers, pour lesquels il a constitué une société de secours mutuels et une caisse de retraite pour la vieillesse.

L'exposition que ces Messieurs ont installée renferme tous les types et échantillons des articles fabriqués dans leurs ateliers, par l'emploi des procédés mécaniques qu'ils ont, pour la plupart, créés eux-mêmes.

MM. Swaine and Adney, Grande-Bretagne.

MM. Swaine and Adney, à Londres, fabricants de fouets et cravaches, Piccadilly, 185.

La supériorité de cette maison ne se discute pas au point de vue du goût et du fini de son travail.

La valeur que ses produits acquièrent par l'emploi qu'elle fait des métaux fins et aussi des pierres fines pour ses garnitures de fouets, sticks et cravaches, est réalisée avec simplicité, sans prétention, mais avec beaucoup d'harmonie dans leur ensemble.

Ces Messieurs ont su s'inspirer des modèles qui leur ont été présentés en 1867 et s'approprier. dans cette spécialité, tous les avantages dont ils revêtent certains détails de leur fabrication.

Nous devons ajouter cependant qu'une maison française, qui malheureusement n'a pas exposé, aurait lutté avec avantage.

Compagnie générale des omnibus de Paris. Siège social, rue Saint-Honoré, 125.

La Compagnie générale des omnibus de Paris expose les types du matériel qu'elle emploie pour son service de traction et ceux des pièces de remplacement auquel ce service donne lieu.

Le type du collier métallique. que nous avions déjà remarqué à l'Exposition de 1889, est reproduit à nouveau et la période décennale qui s'est écoulée n'a pas modifié la satisfaction des résultats obtenus par l'emploi de cet accessoire important du harnachement du cheval.

Nous laissons à des compétences plus autorisées le soin de faire de l'organisation et de l'administration de cette compagnie tous les éloges qu'elle mérite.

M. Guinand, France.

M. Claude Guinand, à Paris, sellier-harnacheur, avenue des Champs-Élysées, 71.

La maison que M. Claude Guinand dirige est un des plus anciens établissements de sellerie de Paris.

En s'en rendant acquéreur il a su, par ses connaissances professionnelles, lui conserver la réputation que lui avaient acquise ses prédécesseurs.

C'est ainsi qu'apportant son concours à l'Exposition universelle de 1900, il soumet à notre examen des produits qui appellent toute l'attention du Jury international.

Ses harnais de cérémonie, garniture ciselée, style Louis XV, doré vieil or; une deuxième paire de harnais, cuir noir, garniture cuivre; un attelage à quatre, cuir noir, bouclerie plaquée argent, indiquent bien la capacité du chef de la maison. Les conceptions sont bien réglées et l'exécution est très bonne.

Une paire de harnais légers, garniture de fantaisie enveloppée et contournée par un régime de perles argentées, sont d'une imagination peut-être un peu outrée comme emploi pratique, mais quoique cela l'effet en est très agréable.

Un harnais à un cheval, tout doublé peau de cochon, autre fantaisie, que, par son genre de fabrication, nous désignerons par l'expression *emboîtée*, puisque le blanchet formant contrefort au-dessous, vient se comprendre entre deux joncs qui s'élèvent sur chacun des bords de la doublure, avec lequel alors il forme corps par un arasement sans surélévation et s'y trouve fixé par les coutures habituelles au travail courant.

Un second harnais à un cheval, bouclerie enveloppée, les grosses pièces contournées, nous offre la particularité d'un porte-brancard dont le bracelet, se mobilisant par un système à charnière très simple en son application, permet d'atteler et de dételer le cheval très rapidement.

Une autre particularité nous est également présentée; c'est un rond de dossière pour atteler sur une voiture à deux roues qui, en s'ouvrant par un système à tourniquet dont l'un des passants est le pivot, dispense, au moment de l'attelage, de rapporter les brancards en regard de ces ronds pour les y faire s'engager. Le procédé est simple et pratique et ne modifie en rien la forme de l'objet.

Une selle pour dame, quatre selles de cavaliers terminent la composition de cette vitrine, dont la valeur des produits a porté sa cote à la limite d'un grand prix.

MM. David et Poursin, France.

MM. David et Poursin, à Paris, plaqueurs pour sellerie et bourrellerie, rue des Vinaigriers, 35.

L'origine de cette maison remonte à une époque assez reculée et la raison sociale, sous laquelle elle fonctionne aujourd'hui, date exactement de 1896.

Tout récemment encore, en fusionnant avec la maison Victor Copeau, qui avait de grands débouchés sur les places étrangères et notamment dans l'Amérique du Sud, ils ont assuré l'écoulement d'une production rendue plus active par le perfectionnement de leur outillage et ajoutaient à leur exploitation deux éléments nouveaux : l'ornement pour l'équipage et l'éperonnerie.

Les garnitures de harnais exposées dans la vitrine de MM. David et Poursin indiquent tout ce qu'on peut demander à leur fabrication.

Cette maison avec toutes ses ressources peut, sous tous les rapports, lutter avantageusement avec les produits similaires de la concurrence étrangère, qui bien souvent ne s'exerce que sur les copies des modèles français.

MM. Henri Peat and C°, Grande-Bretagne.

M. Henri Peat, à Londres, sellier-harnacheur, Piccadilly, 172.

Les produits qui garnissent cette vitrine se composent :

D'un attelage à quatre, cuir noir, garniture cuivre, qui, des cinq harnais y figurant, est celui dont la fabrication a été le mieux résolue;

De deux autres attelages pour deux chevaux;

D'un harnais de tandem;

D'un harnais de coupé, garniture plaquée argent.

La sellerie d'équitation est constituée par :

Une selle pour dame;

Deux selles pour cavaliers;

Une selle de course;

Une selle d'armé avec ses accessoires.

M. Beckman, Roumanie.

M. Fr. Beckman, Bucarest, sellier, Calea Victories.

La notice qui nous est fournie sur cette maison, fait remonter sa création à l'année 1879 et nous apprend, pour nous donner une idée de son importance, qu'elle occupe 50 ouvriers.

Les échantillons de sa fabrication, qu'elle soumet à l'examen du Jury, sont fournis par deux harnachements complets pour l'armée nationale :

Le premier pour officier général;

Le second pour officier supérieur de régiment de hussards.

Toute cette fabrication, rehaussée par des galons d'or appliqués en partie sur du drap de couleur éclatante, est bien établie et les ajustages bien compris, tout en ayant pu être encore plus recherchés dans l'exécution.

Mais, nous tenons à le répéter, l'ensemble de cette exposition est d'un bon effet.

M. Sanoff (Michel), Russie.

M. Michel Sanoff, à Saint-Pétersbourg, fabrique de selles et harnais, fournisseur de la Cour impériale, rue Légooskaia, 32.

La fondation de cette maison par le titulaire remonte à 1872.

Le personnel qu'elle occupe, tant hommes que femmes et apprentis, est de 80 ouvriers.

Sa production équivaut à 400,000 francs, dont la réalisation se fait tant en Russie qu'à l'étranger.

Les matières premières qu'elle emploie sont de provenances russes, françaises, anglaises et allemandes; ces dernières se chiffrent par 40,000 francs contre 30,000 francs seulement pour le commerce français.

La maison loge et nourrit ses ouvriers et, en cas de besoin, leur donne l'assistance médicale.

Les produits qu'elle soumet à l'examen du Jury se composent :

D'un harnais russe pour attelage en troïka, type national, employé aux écuries impériales;

Une deuxième paire de harnais, type national, garniture cuivre doré, pour le service de S. A. I. le grand-duc Wladimir;

D'un harnais à un cheval, cuir noir, garniture argentée, type national;

D'une paire de harnais, cuir noir, à la française, garniture en cuivre;

De deux harnais, cuir noir, à la française, dont l'un garniture argent pour voiture à deux roues, et le second, pour voiture à quatre roues, garniture demi-cordée en similor.

Tous ces travaux sont exécutés avec beaucoup de soin.

Une selle pour cavalier, des bottines pour les jambes et les pieds des chevaux, d'autres menus accessoires pour le sport, complètent l'ensemble de cette très intéressante exposition.

MM. Henri Maxwell and C°, Grande-Bretagne.

MM. Henri Maxwell et Cie, à Londres, éperons pour militaires, le sport et la chasse, éperons pour dames, Piccadilly, 161.

La fondation de cette maison remonte à quatre générations.

La particularité de la fabrication de MM. Maxwell est l'invention qu'il a faite de la boîte d'éperon anglaise, dont la fermeture à ressort, arasant la paroi verticale du talon et se fermant hermétique-

ment, empêche le gravier et la boue de s'introduire dans la chambre et rend ainsi toujours facile l'introduction de la broche de l'éperon dans sa douille, dénommée *boîte anglaise.*

Des types d'éperons assortis de formes, présentés dans les différentes phases de la fabrication, depuis la forge jusqu'à la lime et à l'achèvement poli, augmentent l'intérêt de l'examen de la vitrine de cette maison dont la réputation est universellement répandue.

M. Bernard (*Émile*), France.

M. Émile Bernard, à Paris, sellier-harnacheur, rue de Berri, 41.

Cette maison, dont l'origine remonte à 1787, est actuellement dirigée par le fils de M. Bernard qui, pendant de nombreuses années, fut président du Syndicat de la bourrellerie.

Elle réunit dans ses ateliers la fabrication de l'ensemble des produits de son industrie.

Les cinq paires de harnais et le harnais à un cheval qu'il présente dans sa vitrine comme attelages de luxe, dénotent les bonnes intentions de goût qui a présidé à leur exécution.

M. Émile Bernard, qui, depuis le 1er janvier 1900, s'est rendu acquéreur de l'ancienne maison Theurkauff, dont la réputation pour la qualité de ses selles a eu un grand retentissement, soumet à l'examen du Jury :

Trois selles pour cavaliers auxquelles, et nous ne saurions trop l'en féliciter, il a tenu à conserver les formes et le caractère de celles de son fameux prédécesseur;

Trois selles pour dames, dont une avec un siège donnant les empreintes au passage de la jambe droite, destinées à augmenter la solidité de l'amazone par un point d'appui plus étendu. Tout en louant le but qu'a recherché M. Bernard dans l'exécution de ce travail, nous sommes obligés de faire des réserves sur l'efficacité des moyens employés pour la solution du problème.

Société générale de construction de voitures et d'automobiles, fabrique de harnais.
Siège social, rue Scribe, 3, Paris.

Cet établissement, l'un des plus importants de la carrosserie sur la place de Paris, remonte comme création à environ cinquante ans; il dérive de l'ancienne raison sociale Guiet et Cie, dont la réputation s'étend jusqu'aux pays d'outre-mer.

Les articles exposés à la Classe 31 se composent de :

Un attelage à quatre de road coach, spécial comme harnais de route, auquel il a été ajouté le harnais de renfort dit *d'arbalète.* Selle de porteur équipée, palonnier et ses supports, prolonge avec alliance de soutien s'accrochant au crapaud du timon;

Une paire de harnais de phaéton, cuir noir, garniture cuivre;

Un harnais de dog cart, avec plate longe, assorti aux précédents;

Un harnais de gala, cuir noir, garniture et bouclerie pleine plaquée argent, avec tous ses accessoires de somptuosité.

M. Jauneau (*Ferdinand*), France.

M. Ferdinand Jauneau, à Paris, sellier-bourrelier, rue Château-Landon, 5.

La maison, fondée depuis 1842, est dirigée depuis vingt ans par le titulaire actuel qui consacre tous ses efforts pour chercher à vaincre les difficultés qui existent dans l'une des parties les plus ardues de son métier.

Ses procédés tirent leurs applications du principe de soulagement qu'il peut procurer au cheval et s'ils ne répondent pas entièrement au but poursuivi, ils sont une indication précieuse pour chercher à y atteindre.

L'un de ces systèmes est celui qui est appliqué sur les harnais à deux chevaux disposés pour voiture de brasseur. Le coup de collier, au lieu de se faire sentir brusquement sur l'épaule de l'animal, ne s'y produit que d'une façon secondaire, de telle sorte que ce collier a repris une partie de son aplomb au moment où, par la dernière secousse, la voiture prend son roulement.

Indépendamment de ces deux harnais, M. Jauneau nous en présente quatre autres qui sont traités dans les mêmes conditions de connaissances professionnelles.

L'un de ces quatre harnais, disposé pour voiture à deux roues, nous montre son collier revêtu d'une housse collante dont la coupe et l'ajustage constituent une des difficultés du métier.

A ces six harnais, qui restent bien dans la note exacte de la production de la bourrellerie, s'ajoute un harnais de coupé prouvant les facultés de la maison à entreprendre le harnachement du cheval de luxe.

M. Baer (Henri), Suisse.

M. Henri Baer, à Zurich, fabrique de harnais en tous genres, Tonhallestrasse, 2.

L'appréciation faite des produits que M. Baer exposait en 1889 avait sa raison d'être et ceux qu'en 1900 il soumet à notre examen témoignent de progrès si réels que c'est satisfaction, pour un ancien juge, d'en faire la constatation.

Les objets exposés sont :

Un harnais à un cheval, cuir noir, garniture cuivre;

Une paire de harnais, cuir noir, garniture plaquée argent;

Une paire de harnais, tirage sur bricole, en cuir de couleur vert lézard, garniture dorée à passants métal.

Les deux premiers harnais peuvent être classés avec la bonne note; mais les harnais vert lézard doivent bénéficier de la cote la plus élevée, car ils se placent parmi ceux les mieux exécutés figurant à la Classe 31.

MM. G. Wolk et Cie, Russie.

MM. G. Wolk et Cie, à Moscou, fabrique de harnais et de selles pour l'armée, quartier Piatnitzky, rue Svanooskaia, maison Lygine.

La fondation de cette maison ne date que de dix années. Elle travaille pour l'armée et pour le particulier; la fabrication se fait manuellement et mécaniquement.

Le nombre des ouvriers est de 200.

Les matières employées sont presque exclusivement de provenance russe.

La fabrique possède une infirmerie où les malades reçoivent les soins et les médicaments qui leur sont nécessaires. Un médecin et un infirmier y sont spécialement attachés.

Le personnel est assuré contre les accidents du travail dans des conditions très rémunératrices.

MM. Wolk exposent :

Un harnais de troïka, dont la garniture argent se complique d'une ornementation reproduisant le gland du chêne qui, appliqué sur toutes les pièces composant cet attelage, lui donne un aspect assez original;

Un second harnais à un cheval, également du type national, et dont le travail est équivalent à celui du harnais de troïka.

En dehors de ces attelages la vitrine renferme :
Une selle pour dame;
Deux selles pour cavaliers;
Une selle d'arme pour officier de cavalerie ou d'artillerie;
Une selle cosaque avec siège et loup en cuir noir.

MM. Mexia et Cortiano, Mexique.

MM. Mexia et Cortiano (Romuldo Hipolito), état de Morelos, selliers à Cuernavaca.

Le Jury international ne peut juger ces Messieurs que d'après leur œuvre; aucune note particulière le renseignant sur le fond de cette maison.

La selle qu'ils exposent est du type national avec ses garnitures formant housse sur l'arrière et besaces sur le devant, toutes pièces couvertes de broderies fil et or très finement exécutées.

M. Valverde (Manuel), Équateur.

M. Manuel Valverde, à Guyaquil, fabricant sellier.

Cette maison a été fondée en 1888 sur des bases sérieuses; elle occupe 50 ouvriers et employés et fait les plus grands efforts, nous est-il rapporté, pour le développement de son industrie.

Les produits qu'elle expose consistent en :

Une selle pour dames, à trois fourches, modèle ancien, mais qui peut avoir son utilité pour le pays. Cette selle est recouverte en velours violet et est entièrement piquée;

Une selle de voyage sur arçon à pommeau genre mexicain, et recouverte en maroquin chagriné;

Une selle de service, troussequin contourné.

Tout ce travail indique les meilleures intentions et c'est dans l'espoir de lui voir créer des imitateurs et aussi sur l'assurance que nous en donne notre collègue, représentant cet État au Jury international de la Classe 31, qu'il est attribué à M. Valverde une aussi haute récompense.

M. Roux (Alfred), France.

M. Alfred Roux, à Paris, fabricant de brosserie en tous genres, spécialité pour la sellerie et la bourrellerie, rue des Archives, 13.

M. Roux est possesseur de sa maison depuis quinze ans.

Plein d'initiative pour tout ce qui pouvait faire progresser son industrie en lui appropriant des éléments nouveaux, il s'est fait créateur d'articles pour lesquels il a emprunté le caoutchouc remplaçant le métal, ainsi qu'il l'a fait pour son indispensable étrille, très employée pour unir et lustrer la robe du cheval. Sa brosse, également à base de caoutchouc, qu'il intitule *lisseuse Roux*, et son masseur, particulier pour les jambes du cheval, sont trois innovations qui lui sont propres et la consommation qui s'en fait est la meilleure preuve des avantages qu'on leur reconnaît.

En dehors de la France, M. Roux exporte aussi ses marchandises en Belgique, en Hollande, en Suisse, en Italie, dans le Luxembourg et en Alsace-Lorraine.

Dans tous ces pays, il lutte avec avantage contre la concurrence étrangère, que déjà il avait su évincer de notre marché.

La récompense qui lui a été décernée ne pourra que consacrer une réputation si justement acquise.

IMPRIMERIE NATIONALE.

MM. Lupis frères, France.

MM. Lupis frères, à Toulouse, manufacture de sellerie et harnachements, fonderie de cuivre, nickel et similor, fabrique de garnitures de harnais, rue Riquet, 93.

La maison Lupis frères, dont la création remonte au delà d'un siècle, se divise en deux parties distinctes :

La première, la sellerie et toutes les productions des objets concernant le harnachement du cheval, tant pour son service actif que pour les accessoires qui lui sont nécessaires à l'écurie;

La seconde, la fabrication des matières premières, telles que cuirs, fonderie métallique, et achèvement des pièces composant les garnitures de harnais et toutes autres boucleries pour les articles d'écurie, le harnachement et l'équipement militaire.

Comme sellerie, l'exposition de MM. Lupis comprend :

Un harnais de deuil, garniture nickel incrustée de buffle, et huit colliers d'attelages, dont les formes et le genre de fabrication répondent aux harnais variés auxquels ils peuvent être appliqués.

Une selle sur arçon élastique complète cette spécialité industrielle.

Des garnitures de harnais, des mors et des boucles très différentes de formes constituent la partie métallique et complète l'exhibition de l'ensemble d'une exploitation industrielle justifiant la haute récompense qui a été décernée à ses administrateurs.

Comité local de Puebla, Mexique.

D'après les renseignements qui nous ont été fournis, ce comité se compose d'un certain nombre d'industriels et d'ouvriers qui ont concouru chacun dans sa spécialité à l'exécution de l'œuvre qui est soumise à l'examen du Jury.

La selle qui nous est présentée est du type national. L'arçon a son pommeau et son troussequin revêtus de garnitures en argent massif; la housse le recouvrant et toutes les autres parties qui en dépendent sont garnis d'ornements en relief, obtenus par des cuirs découpés et appliqués sur le fond au moyen de coutures.

Les étriers et les éperons sont en fer forgé et incrustés en argent.

S. M. I. le Sultan du Maroc, Maroc.

Son Altesse Impériale le Sultan du Maroc expose deux selles types orientaux :

La première, recouverte en étoffe de soie verte, brodée or, avec ses accesssires, étrivières et poitrail, formés par l'assemblage de cordelettes réunies par des passants en passementerie vert et or et dont les boucles sont émaillées.

La bride, faite dans le même style, est garnie de son couvre-nuque en forme de réseau, le mors de cette bride est forgé et doré; les étriers, de forme arabe, sont en cuivre avec gravures imitant le damasquinage et dorés.

La seconde selle et ses accessoires sont de même nature et de mêmes formes, ils ne diffèrent des précédents que par la couleur qui est amaranthe.

Direction de l'agriculture et du commerce de la Régence de Tunis, France.

Selles et bâts, rue d'Angleterre, 22, à Tunis.

La direction expose trois harnachements :

Le premier, avec selle arabe, reconverte d'une housse en velours violet, brodé sur certaines de ses parties en fil d'argent et, sur d'autres, garni d'applications d'ornements en argent. Le pommeau de cette selle est garni de ses fontes de pistolets, dont le travail répond à celui de la housse; le poitrail, la bride avec œillères sont également brodés, cette dernière est garnie d'un mors forgé;

La deuxième est constituée également par une selle arabe, dont la housse en boghari est toute brodée en or; le poitrail, la bride, également en boghari, sont brodés; cette dernière se trouve pourvue d'un collier qu'agrémente un couvre-nuque en forme de réseau;

Le troisième harnachement est du même modèle que les deux premiers; la housse en boghari, brodée en or, a son siège en moquette, les étriers sont en tôle et damasquinés; le poitrail et la bride en boghari, brodé en or, sont munis de glands formant surcharge d'ornementation; le mors, garnissant cette dernière, est en fer forgé d'un travail primitif.

Une selle-bât pour enfant termine cette exposition.

MÉDAILLES D'ARGENT.

M. Drieux (Georges), France.

M. Georges Drieux, à Paris, fabricant de fouets et cravaches, rue Volney, 4.

Cette maison, dont la fondation remonte à l'an 1800, a, pendant de longues années, tenu incontestablement tant en France qu'à l'étranger le premier rang dans son industrie; et nous avons encore présente devant les yeux l'exposition si brillante qu'elle avait en 1867.

Les produits présentés par M. Drieux témoignent des consciencieux efforts qu'il fait pour atteindre le mérite de ses prédécesseurs.

Mme veuve Frémont, France.

Mme veuve Frémont, à Paris, corroyeur, cuirs pour sellerie et bourrellerie, fouets, laisses, sticks et cravaches, quai de Jemmapes, 80.

Les produits qu'expose Mme Frémont sont des échantillons de ceux qu'elle livre couramment à sa clientèle, qui les apprécie à juste titre.

La médaille qui lui a été décernée n'est que la juste récompense de ses courageux efforts et des résultats qu'elle a poursuivis et obtenus avec une opiniâtre volonté.

MM. Julien Pinçon *et Cie*, France.

MM. Julien Pinçon, à Paris, manufacture de sellerie civile et militaire, boulevard de Magenta, 54, et passage Dubail, 7 (faubourg Saint-Martin).

Tous les produits exposés par cette maison, tant dans sa vitrine que sur sol, appartiennent à sa fabrication. Ils se composent :

D'une paire de harnais attelage à deux, cuir noir, avec garniture et bouclerie cuivre doré, façon bombée cordée à boule;

De trois harnais à un cheval, dont un en cuir noir et les deux autres en cuir fauve;

D'un quatrième harnais à un cheval, en cuir verni doublé, la garniture plaquée argent, façon bombée cordée à boule.

Ces harnais font preuve d'une grande somme d'attention dans le travail et dans la terminaison. Le harnais en cuir verni est certainement d'un aspect flatteur, mais n'est-il pas à craindre qu'il soit plus élégant que pratique?

Une collection d'œillères vernies de formes différentes, des sellettes et des mantelets constituent l'ensemble de la présentation des pièces du harnachement du cheval d'attelage.

La vitrine est en outre garnie de :

Deux selles pour dames;

Trois selles pour cavaliers;

Une selle de travail;

Une selle de course et un collier d'attelage dit *pneumatique*, avec jante en acier étiré d'une seule pièce, le pneu proprement dit et chambre à air, d'un système imaginé par M. Pinçon, rend paraît-il tous les services qu'on peut en attendre : comme application sur l'encolure du cheval, d'abord; comme résistance malgré la légèreté de poids, ensuite.

Toute cette exposition ne peut qu'être profitable à la prospérité de la maison.

MM. Smith *and C^o^*, Grande-Bretagne.

MM. Georges Smith, à Londres, fabricants selliers, fournisseurs de l'armée britannique, W. L. Strand, 151, exposent :

Deux paires de harnais, cuir noir, garnitures et boucleries cuivre;

Un harnais à un cheval, cuir noir;

Un harnais de Sulky, cuir noir, bouclerie enveloppée.

La sellerie pour équitation est plus variée; elle est constituée par :

Une selle pour dame, bonne facture;

Deux selles de polo;

Une selle demi-militaire, qui se distingue par les accessoires d'arrimage qui y ont été fixés, permettant de la transformer en une selle d'arme et aussi en une selle de voyage;

Une selle de chasse ou de promenade;

Une selle de course bien réussie;

Une selle d'arme à palette contournée pour cavalerie légère;

Une selle portative, avec housse en vache jaune en forme de loup, pourvue de sacoches à l'avant et de bissacs à l'arrière;

Une selle australienne avec ses panneaux mobiles.

MM. Henri Howel *and C°*, Grande-Bretagne.

MM. Henri Howel, à Londres, fabricant de cannes, cravaches, sticks et fouets, Old Street, City Road, 176, 178, 180, 182.

Cette fabrique a été fondée en 1832, elle est devenue d'une importance telle, qu'elle occupe aujourd'hui 500 ouvriers.

En 1899, le chiffre de ses affaires s'est élevé à plus de 3 millions de francs.

Sa fabrication porte sur les articles les plus simples et sur ceux les plus luxueux que son industrie lui permet d'exécuter.

Nous voyons dans cette vitrine tous les fouets, cravaches, sticks et cannes qui figurent aux étalages des grands magasins et des bazars, et ceux aussi que les camelots crient sur la voie publique.

M. Sochard (*A.*), France.

M. A. Sochard, à Paris, sellier-bourrelier, fournisseur des grandes administrations de l'État, rue de l'Ave-Maria, 3.

Ancienne maison reprise par le titulaire en 1868.

Les harnais exposés sur sol sont au nombre de treize :

Un harnais de limon pour entrepreneur de gros travaux;

Un harnais pour voiture de laitier;

Un harnais pour l'administration du *Petit Journal;*

Un harnais pour voiture de distillateur;

Un harnais de commerce pour la Pharmacie centrale;

Deux harnais pour la Compagnie du chemin de fer de l'Est;

Un harnais à deux en flèche;

Une paire de harnais de landau;

Trois harnais de coupé;

Un harnais de buggy.

Tous ces harnais sont de bonne fabrication, bien établis pour les services qu'ils doivent rendre.

Un détail important, qui mérite d'être constaté, c'est la bonne disposition des panneaux des sellettes, qui se distinguent de ceux qu'on voit généralement, par une meilleure compréhension des formes qu'ils doivent épouser.

Nul doute que si le Jury international n'avait eu qu'à examiner les produits les plus courants de M. Sochard, il eût été conduit à le proposer pour une récompense plus élevée.

A noter, comme mémoire, un collier qu'un des ouvriers de M. Sochard a fait à son domicile en dehors des heures de travail à l'atelier, qui, par le goût dans son genre et par la façon dans son exécution, fait honneur à son auteur.

M. Poisson (*A.*), France.

M. A. Poisson, à Paris, sellier-bourrelier, rue de Flandre, 68.

M. Poisson soumet à l'examen du Jury des harnais qui restent bien dans la note de sa profession.

Les explications qu'il nous donne sont celles d'un chef d'établissement qui, non seulement dirige son exploitation, mais encore pour une large part contribue à la production de son travail.

Son exposition se compose :

D'un harnais de limon, entièrement confectionné avec ce cuir au chrome dont nous faisons mention dans notre notice préliminaire, et de l'emploi duquel M. Poisson se déclare satisfait;

D'un harnais de camion, également fabriqué avec cuir au chrome;

Un harnais de laitier, cuir noir;

Un harnais de commerce, cuir noir;

Un harnais mixte, cuir verni et cuir jaune;

Un harnais de cabriolet, cuir noir, bouclerie diamant plaquée argent;

Une selle de limon, avec panneaux mobiles, et un collier de fiacre, avec fermoir, d'un système à ressort imaginé par M. Poisson;

Des articles spéciaux à l'usage de MM. les vétérinaires, consistant en : des entraves; des sabots pour pieds malades, dont un s'ouvrant à l'arrière; des bottes à bains; des tabliers et des toiles à sinapismes; des licols et des longes de force et des capotes d'abatage.

La plus grande partie de ces objets, qui constituent une spécialité, sont fabriqués avec du cuir au chrome, concurremment à ceux pour lesquels le cuir de Hongrie était exclusivement employé.

Tout cet assemblage de harnais bien choisis et d'objets si variés forme une exposition que les intéressés doivent regarder attentivement pour le profit qu'il peuvent en tirer au point de vue des fournitures qui peuvent leur être nécessaires.

MM. Outi fils et Joly, France.

MM. Outi fils et Joly, à Paris, fabricants de culerons pour harnais et faux colliers pour sellerie et bourrellerie, rue d'Angoulême, 90 *bis*.

Cette maison, dont la fondation remonte à la première moitié du siècle, s'est transmise de père en fils.

Ces conditions spéciales ont permis d'apporter à la fabrication, avec plus d'esprit de suite, de notables perfectionnements et de sérieuses innovations, comme en témoignent les produits qui figurent dans la vitrine que nous avons examinée.

Par leur variété, par l'élégance dans la forme et le fini dans le travail, ces Messieurs ont su d'un accessoire, qui n'a son importance que pour les industriels, faire un objet qui non seulement est reconnu supérieur à celui de ses concurrents français dans son pays, mais encore par les selliers étrangers qui ne cessent de le lui réclamer.

Société coopérative ouvrière de la sellerie lyonnaise, France.

Cette Société expose une paire de harnais, cuir noir, garniture plaquée argent.

L'observation de la méthode et des principes professionnels, avec lesquels ce travail a été exécuté, est tout à l'avantage coopératif de ses auteurs.

Un harnais de sulky, très bien résolu, fait avec une recherche extrême dans la façon dont les pièces les plus difficultueuses ont été traitées, ajoute au droit qu'avait cette société d'obtenir la récompense qui lui a été décernée.

M. Tinturier (Henri), France.

M. Henri Tinturier, à Paris, fabrique de sellerie, harnais et articles d'écurie en tous genres, cité de Magenta, 3 (boulevard de Magenta, 33).

Les produits que M. Tinturier expose consistent en :

Une paire de harnais, cuir noir, avec garniture nickelée, façon jonc à olive;

Un harnais de coupé à un cheval, cuir noir, garniture plaquée argent;

Une paire de harnais de poste, cuir jaune, garniture cuivre;

Un harnais de poney, buffle blanc, garniture en similor.

Ce dernier harnais est bien fait, il a nécessité une grande somme de travail, mais il ne peut, ce nous semble, qu'être considéré comme une fantaisie. Nous lui préférons le harnais de coupé qui, plus simple d'apparence, se fait valoir par sa bonne exécution dans tous ses détails.

Une sellette à bâtine pour harnais de commerce, bien établie, et différents accessoires de sellerie terminent l'ensemble de cette exposition.

M. Popoff (J.), Russie.

M. J. Popoff, sellier à Tiflis, présente à notre examen :

Un harnais russe, type national, dont la consciencieuse fabrication nous a fait le proposer pour la récompense de valeur qui lui a été confirmée par le Jury supérieur.

M. Mc. Kerron, États-Unis.

M. Mc. Kerron, sellier-harnacheur, à San Francisco, Californie.

M. Mc. Kerron, dans sa vitrine au Champ-de-Mars, expose :

Deux harnais de Sulky. tirage sur bricole, dont son industrie dans la nationalité où il figure a la spécialité.

Son travail lui maintient la réputation acquise et son système de dressage pour empêcher la désunion dans l'allure du cheval est très simple et doit être très pratique.

Son application se fait par le croisement sous le ventre du cheval de deux courroies qui, terminées par des bracelets, se bouclent sur l'avant-bras et sur le haut de la cuisse.

Des bottines pour jambes et pieds de chevaux, rentrant aussi dans la spécialité de la fabrication du pays, complètent cette exposition.

MM. J.-B. Farina et fils, Italie.

MM. J.-B. Farina, éperonniers, à Vogliera.

Ces Messieurs exposent, dans leur vitrine, des types de mors d'attelage et de mors de selle, dont la forge, le contour dans les formes et le travail à la lime, leur ont fait décerner la récompense qui leur a été attribuée.

MM. Godard et Cie, Indo-Chine.

M. Godard, entrepreneur, fabricant sellier, à Hanoï.

Le Jury, dans l'examen du harnais que M. Godard lui a soumis, a dû tenir compte des conditions particulières dans lesquelles cet exposant se trouve placé.

Il ne dispose pour sa fabrication que d'ouvriers indigènes dont il fait l'apprentissage.

C'est donc à la fois le professeur et l'industriel que le Jury a entendu faire récompenser.

M. Limon (Raymundo), Mexique.

M. Raymundo Limon, à Tulancingo, État de Hidalgo, sellier, soumet à l'examen du Jury une selle type national, dont toutes les parties constitutives sont couvertes de broderies, probablement en arami, textile du pays, mais en tous cas très correctement exécutées.

MM. F. Palacio and Co, Cuba.

M. F. Palacio, à Santa Clara, expose au pavillon de sa nationalité au Trocadéro :

Une selle de fabrication locale recouverte en vache jaune, bruni foncé, le siège est à boudins piqués, le troussequin de forme arrondie, matelassé intérieurement est contourné en argent. Le pommeau est garni de ses fontes de pistolets, dont l'orifice et les extrémités ont leurs garnitures également en argent.

Une croupière et une bride en cuir noir, boucles et passants argent, des étriers, le mors de la bride toujours en argent, forment un ensemble des plus intéressants.

M. Hallanann (Michaël), États-Unis.

M. Michaël Hallanann, à New-York, maréchal-ferrant, fers à cheval et coussins en caoutchouc, West 14 th Street, 186.

M. Hallanann, exécutant convaincu de ses œuvres, dont il discute et établit les propriétés, ayant présenté un grand intérêt au Jury de la Classe 31, nous avons préféré, pour porter une appréciation équitable sur ses produits, en référer à une autorité compétente dans l'art vétérinaire.

Par décision de M. Alfred Picard, Commissaire général, conformément à la demande que lui avait adressée M. Savoy, président du Jury international de la Classe 31, M. Cadiot, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort, arbitre près le Tribunal de commerce du département de la Seine, pressenti à cet effet et acceptant, fut nommé arbitre.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire ici textuellement les termes de son jugement :

«Parmi les nombreux fers et procédés de formes, présentés par M. Hallanann, il en est plusieurs qui offrent un certain intérêt.

«Quant aux semelles de caoutchouc, elles sont solides, bien construites et nous ont paru supérieures aux autres appareils déjà répandus.»

Concluant pour ces avantages à une proposition de récompense non inférieure à la médaille d'argent que le Jury international a soumise à l'acceptation du Jury de groupe, qui en a fait opérer la ratification par le Jury supérieur.

Par l'organe de son rapporteur, le Jury international remercie M. Cadiot, arbitre, du concours qu'il a bien voulu lui prêter.

Gouvernement coréen, Corée.

Le Gouvernement coréen, siégeant à Séoul, expose dans le pavillon de sa nationalité au Champ-de-Mars :

Un harnachement de fabrication locale, employé par les officiers de l'armée et les fonctionnaires administratifs.

Les efforts faits pendant la période décennale de 1889-1900, alors que ce pays nous était arrivé avec des objets tout à fait primitifs, et la constatation que nous faisions des progrès accomplis, nous imposait le devoir de faire obtenir une récompense encourageante à ce Gouvernement.

Exposition collective de Koustari, Russie.

Cette exposition est le fait de la réunion de petits industriels d'une même région.

Chaque objet a sa particularité; il indique les coutumes et la nature des besoins de la localité où ils ont été fabriqués.

Nous voyons :

Un harnais de troïka, dont la composition ne diffère en rien de ceux que nous avions examinés à d'autres expositions, mais dont le travail est moins achevé;

Un autre harnais, qui nous est présenté comme harnais de transport, revêt, malgré ses formes massives, un caractère original. Il est fabriqué en cuir noir, avec quantité d'ornements en cuivre, et les panneaux de la sellette mantelet résultent de la superposition de couches de lames de feutre;

Une collection de harnais tartares employés pour l'agriculture ont encore une apparence toute différente des précédents; les matières premières employées sont plus primitives, les brides et les barres de reculement sont garnies d'ornements en cuivre;

Une selle tartare, dont les formes de l'arçon se rapprochent de celui mexicain;

Une selle circassienne, dont l'assiette est obtenue par une bande de cuir collée sur l'arçon dont elle recouvre le port; deux grands quartiers en cuir agrémentés de dessins d'ornementation obtenus par l'impression et un coussin en peau chamoisée noire, le dessus encadré de deux galons en argent, forment la partie supérieure de cette selle, dont le pommeau et le troussequin en forme de palette sont garnis de pièces métalliques argent.

Les panneaux, partie inférieure, sont formés de deux matelas en mouton jaune, doublés en mouton rouge et rembourrés.

Le poitrail et la bride sont en cuir noir, leur bouclerie est en argent, les étriers et le mors sont également en argent et damasquinés.

Zemouri Mohamed ben Hassem, France.

M. Zemouri Mohamed ben Hassem, à Tiaret, département d'Oran, fabricant sellier, harnachements, expose deux selles arabes :

La première est recouverte d'une housse en fillali rouge, brodé en argent, le poitrail et la bride sont de même fabrication, les étriers sont en tôle chaudronnée et damasquinés en argent; le mors en fonte étamée est de fabrication européenne;

La seconde, à laquelle la notice qui l'accompagne donne le nom de Richelieu, est recouverte en velours violet, brodé au passé or et argent, avec bride et poitrail assortis; les étriers et le mors sont damasquinés et de fabrication locale.

Société de fournitures et chaussures militaires (*M. Mandréa, directeur*), Roumanie.

La Société de fournitures et chaussures militaires, siégeant à Bucarest, a été fondée en 1875 au capital de 1 million.

Les articles exposés sont plutôt pour le militaire que pour le civil; ils se composent :

D'un harnais, cuir jaune, pour cheval de porteur d'un régiment d'artillerie;

D'un harnachement de cheval de troupe pour cavalerie légère, plus d'autres accessoires, tels que ceinturons, havresacs, cartouchières et articles d'éperonnerie.

MM. Hector Lamontagne and C°, Grande-Bretagne.

MM. Hector Lamontagne and C°, commissionnaires, Saint-Paul Street, 304-306, et Commissionners Street 143-145, à Montréal (Canadian).

Cette maison, fondée en 1869 par association, a pris rapidement un très grand développement par suite de la multiplicité des articles dont elle a entrepris la fabrication.

Les articles de harnachements qu'elle expose, dont tous les produits concourant à l'ensemble de leur composition, ressortent de leur fabrication, se composent :

D'une paire de harnais pour la ville, modèle français, tirage sur colliers;

D'un harnais à un cheval, cuir noir, tirage sur collier également;

D'un harnais pareil au précédent, toutes les pointes d'embouclement garnies cuivre;

D'un harnais de Sulky, d'une très bonne et très belle fabrication:

D'un harnais de trait pour tombereau;

D'un harnais pour service agricole, dont nous relevons la forme particulière de la sellette qui a beaucoup d'analogie avec celle du mantelet des harnais russes.

Cette fabrication bien raisonnée, solide pour la fatigue, aussi élégante que possible pour l'apparat, sous bien des aspects se confond avec nos formes et notre fabrication nationales.

MM. Demente et fils, Russie.

MM. Demente et fils, à Moscou, rue Koweniky, 4, fabrique de selles et harnais pour l'armée.

Cette maison a été fondée en 1869, elle occupe 200 ouvriers et fait 1,350,000 francs d'affaires. Les matières premières qu'elle emploie comme cuirs sont en majeure partie de provenance nationale. Elle ne fait pas d'exportation.

Comme pour les autres établissements de cette même industrie, le service médical et hygiénique y est installé.

Les produits exposés se composent :

D'un harnais de troïka à trois chevaux;

D'un harnais d'artillerie, cuir noir, tirage sur collier, type national;

D'une selle de dame, palette impératrice;

De deux selles pour cavaliers;

De quatre selles d'ordonnance pour officiers de toutes armes;

D'une selle d'arme, sur arçon cuir sans ferrures;

D'une selle de troupe d'artillerie, arçon à bandes sèches;

D'une seconde selle de troupe de même arme, mais avec tapis en feutre par superposition de lames;

D'une selle cosaque, arçon bandes sèches, avec tapis feutre pareil au précédent.

MM. Clarke (*T. U.*), Grande-Bretagne.

M. T. U. Clarke, à Rugby, fabricant sellier, Albert Street, 49 et 51.

M. Clarke expose quatre selles anglaises sur arçons en bois, nez coupés.

Ces selles sont d'un travail courant, les formes identiques; la seule particularité qu'on puisse signaler, c'est, pour l'une d'elles, la mobilité du porte-étrier lui permettant d'être avancé ou d'être reculé au gré du cavalier.

MM. Freund *et fils,* Hongrie.

MM. Freund et fils, à Budapest, selliers-harnacheurs, Koronakerezeg u. 3, exposent :

Un harnais hongrois, cuir noir découpé à l'emporte-pièce, façon dentelée cranelée ajourée, pour toutes les parties formant blanchets ou pièces détachées; la garniture et la bouclerie plaquées argent, suivant comme préparation celle adoptée pour les cuirs. Sans rompre avec la particularité nationale, ils sont pourvus aux brides et aux mantelets de leur chasse-mouche en cuir tressé;

Un harnais à deux chevaux, cuir noir, pour trotteurs, garniture cuivre, mi-partie massive et mi-partie plaquée, tirage sur bricoles.

Ces harnais, cousus ronds, sont faits avec soin et régularité.

En plus, et pour justifier de leur qualité industrielle, ils exposent aussi une selle pour dame et trois selles pour cavaliers, dont une comme selle de course.

M. Adrian (*A.*), France.

M. A. Adrian, à Paris, fabricant de fouets et cravaches, laisses et accouples pour chiens, rue de Bretagne, 55.

M. Adrian, collaborateur de son prédécesseur, exerce pour son compte depuis 1892.

Cet industriel développe une grande initiative dans la fabrication de ses produits, dont la variété et leur similitude avec ceux de concurrence étrangère lui permet, avec l'abaissement des prix auxquels il peut les offrir, d'étendre ses relations jusqu'en Angleterre, en Allemagne, en Russie, en Italie, en Espagne, en Amérique, en Suisse, en Belgique, en Hollande.

Les résultats dès à présent obtenus avec ses montures de fouets d'attelage, pour lesquelles cette industrie était tributaire de l'Angleterre, donnent pour cette spécialité l'espérance d'un affranchissement prochain pour un produit dont la qualification étrangère, faute de concurrence, contribuait à lui permettre d'inonder la place de ses articles.

En dehors de ces montures de fouets, dont la consommation est importante, M. Adrian fabrique également la cravache en cuir tressé qu'il livre à nos établissements nationaux, haras et écoles d'équitation.

M. Oranger (*H.*), France.

M. H. Oranger, à Paris, spécialité pour installations d'écuries et remises, avenue Mac-Mahon, 4.

La maison Oranger, dont M. Guillard était le prédécesseur, est le premier établissement qui ait spécialisé le travail d'installation d'écuries.

Depuis cette époque et l'expérience qu'elle acquérait dans l'exécution de ses entreprises elle s'est

toujours efforcée d'en perfectionner les procédés, autant pour la solidité de la fourniture première que pour les facilités qui doivent en résulter pour la réparation que ce genre de constructions doit avoir à supporter.

C'est pourquoi son attention s'est particulièrement fixée sur la stalle d'écurie, pour la construction de laquelle elle a adopté, comme bâtis supérieur et inférieur, un modèle de fer à moulure spéciale, forgé d'une seule pièce et dont l'assemblage des pièces en bois qui s'y appliquent se fait au moyen de goupilles permettant d'en effectuer très rapidement le montage, le démontage et le remplacement en cas de détérioration.

Un seau à rebord métallique présentant l'avantage de ne pas être déformé ni rongé par la dent du cheval, est, dans le détail, une des particularités dans les fournitures que fait cette maison.

MM. Lecerf frères, France.

MM. Lecerf frères, à Paris, fabricants de sangles, galons et passementeries pour la sellerie et la bourrellerie, rue de l'Arbre-Sec, 16.

Cette maison a été fondée en 1849. On peut juger du développement qu'elle a pris par ce fait, qu'à ses débuts n'occupant que deux ou trois métiers à bras, elle en emploie aujourd'hui trente-sept, qui sont actionnés par une force motrice.

Son installation industrielle très complète lui permet de répondre à toutes les demandes qui lui arrivent aussi bien de la France que de l'étranger.

La vitrine que ces Messieurs ont installée comporte les échantillons les plus courants de leurs produits.

MM. Cooke and sons, Grande-Bretagne.

MM. Cooke and sons, à Londres, fabricants de cravaches, fouets et sticks, W.C., Hight Street, 55.

Cette maison a été fondée en 1883. M. Cooke, qui primitivement ne fabriquait que pour le commerce, a recherché depuis quelques années la clientèle directe du consommateur.

Procédant par lui-même à la création des modèles qui sortent de chez lui, il a pu franchir la période la plus dure pour les débutants, et l'augmentation qui, en 1899, s'est produite sur son chiffre d'affaires est pleine d'encouragement pour la prospérité à venir.

Les articles qu'il expose visent à l'art; les bois, les montures, comme composition et comme ciselure, sont bien soignés. On reconnaît le travail de l'ouvrier consciencieux et soucieux de la valeur de ses œuvres.

MM. Gotschi et Bouyer, France.

MM. Gotschi et Bouyer, à Paris, fabricants spéciaux pour colliers de chiens, rue Charlot, 57.

Cette maison a été cédée en 1881 à ses collaborateurs par M. Sirodot, qui l'avait fondée en 1835.

Initiés aux habitudes de la fabrication, ces Messieurs n'ont eu qu'à suivre le courant dans lequel ils avaient été entraînés.

C'est du reste l'impression que nous subissons dans l'examen des produits qu'ils nous présentent et par les explications qui nous sont données pour nous faire savoir que tous les ornements dont tous leurs colliers de chiens sont garnis sont les résultats obtenus par un outillage qu'ils ont créé et qui les dispense de recourir aux spécialités pour cette partie importante de leur production.

M. Biard (*Jules*), France.

M. Jules Biard, à Paris, fabricant spécial de cirages, vernis, pâtes pour l'entretien des cuirs et nettoyer les cuivres, onguents pour les pieds des chevaux, etc., rue Saint-Denis, 98.

Cette maison où se fabriquent tous les produits figurant dans sa vitrine est dirigée par le titulaire depuis 1883.

Le développement qu'elle a pris est la meilleure preuve de leur qualité et engage le Jury à la proposer pour la récompense qui lui a été décernée.

M. Baptista (*José Ferreira*), Portugal.

M. José Ferreira Baptista, à Vizeu, sellier.

M. Baptista expose deux selles, dont l'une est d'un travail très soigné. Dérivant comme ensemble de notre ancienne selle de gendarmerie française, elle n'en diffère que par la coupe du devant du quartier, qui est dégagé et arrondi à sa base et pourvu d'une genouillère sur son étendue verticale et dont le passage sous la cuisse est encastré en daim couleur amadou semblable à celui piqué dont le siège est recouvert.

La seconde selle est de forme courante. Une bride en cuir tressé complète cette exposition.

M. Marschall (*A.*), Hongrie.

M. A. Marschall, à Poszoni, sellier-harnacheur.

Cette maison, fondée en 1870 par M. Antoine Marschall travaillant seul pour les besoins de son exploitation, est aujourd'hui dirigée par MM. Alfred Fleissner et Charles Marschall, qui occupent plus de 100 ouvriers; elle exporte ses produits en France, en Autriche, en Allemagne, en Italie, en Russie, en Angleterre, aux Indes et en Amérique.

Son exposition se compose :

De trois paires de harnais, cuir noir, tirage sur bricoles, dont deux avec métal nickelé et la troisième paire avec garniture plaquée argent.

M. O'Kane (*J.*), États-Unis.

M. J. O'Kane, à San Francisco (Californie), sellier-harnacheur.

M. O'Kane expose :

Un harnais à deux chevaux, tirage sur colliers;

Un harnais de Sulky.

Nous ne pouvons à l'égard de cet exposant que renouveler ce que nous avons écrit au sujet de son concurrent M. Mc Kerron.

Des bottines pour jambes et pieds de chevaux figurent également en grande variété dans cette vitrine.

MM. Falabu frères, Hongrie.

MM. Falabu frères, à Szegeb, selliers-harnacheurs.

Ces Messieurs exposent deux harnais, tous deux en cuir noir, garnitures et boucleries nickel dentelées, ajourées suivant la façon donnée à l'ensemble des pièces cuir constituant ces harnais, qui ne diffèrent de ceux déjà décrits que par une ornementation qui n'ajoute aucun attrait supplémentaire pour le visiteur.

M. Zambrano (José M.), Équateur.

M. Zambrano, à Guayaquil, sellier, expose :

Un harnais de mule, de fabrication locale;

Une selle de velours pour dame;

Une selle d'homme équipée.

Dans son appréciation le Jury a tenu compte des conditions spéciales dans lesquelles se trouvait cet exposant.

Mme Vve Gendron-Chauneau et Dousinelle, France.

Mme Vve Gendron-Chauneau et Dousinelle, à Paris, manufacture de sangles et surfaix, tissus divers pour sellerie et bourrellerie, faubourg Saint-Denis, 149 et 151.

Cette maison, fondée en 1850 par M. Chauneau, continue l'ère de prospérité où son fondateur l'avait amenée.

Comprenant les exigences du travail moderne, les successeurs ont utilisé, dans leur usine de Bacouel, une force hydraulique pour faire mouvoir leurs métiers à tisser et ont installé une teinturerie qui leur permet de se pourvoir eux-mêmes.

150 ouvriers et employés sont occupés dans l'usine, qui livre à la sellerie et à la bourrellerie ses nombreux produits, dont les échantillons sont exposés dans leur vitrine.

M. Rabourdin, France.

M. Rabourdin, à Paris, quincailler, entreprise générale d'installations d'écuries et de selleries, rue Boissy-d'Anglas, 39. Maison fondée en 1824.

L'exposition que M. Rabourdin a disposée à la Classe 31 se compose d'une installation d'écurie dite *à l'anglaise*, constituée par une succession de stalles en pitchpin, avec ferrures spéciales au genre de construction pour laquelle elles sont employées.

Les colliers et les boules qui surmontent les piliers de ces stalles sont en bronze de Keller, dont la formule modifiée par M. Rabourdin lui a fait obtenir le ton de l'or rouge.

Cette exposition ne pouvait moins faire que d'intéresser vivement les amateurs; mais le Jury de la Classe 31 n'avait peut-être pas une compétence suffisante pour l'apprécier.

Il est regrettable que cet exposant, rompant avec ses habitudes, ait abandonné les classes où il exposait précédemment.

Syndicat des selliers, Serbie.

Syndicat des selliers, à Kragouievatz.

Le Syndicat expose à son pavillon national au pont de l'Alma :

Une selle pour cavalier;

Deux selles pour officiers montés, les arçons bandes en bois, arcades de devants et palettes d'arrières en tôle emboutie, le siège est formé par un loup et la selle est recouverte d'une housse en peau de cochon, dont la partie supérieure, celle recouvrant le siège, est à boudins piqués et garnis en crin. Ces selles sont pourvues de leurs accessoires, sacoches, bissacs, sangles, étrivières et étriers, brides avec licols de parade;

Une quatrième selle pour homme de troupe, dérive de celles ci-dessus décrites; elle ne diffère que par la nature des quartiers qui sont en cuir fort avec avances rapportées;

Des accessoires en chanvre, bridons, licols, sangles, carniers de chasse, complètent cette exposition.

M. Lessance (Amadeo), Mexique.

M. Amadeo Lessance, à Mexico, sellier-harnacheur, expose :

Une paire de harnais de luxe, cuir noir, garniture cuivre, façon cordée, dont le genre de fabrication correspond à celui de la fabrication française.

M. Taïb Yacouboff, Bulgarie.

M. Taïb Yacouboff, de Philippopoli, sellier à Plovdiv, expose :

Une paire de harnais, bouclerie pleine plaquée argent et passants métal;

Un harnais à un cheval, cuir jaune, bouclerie plaquée argent;

Une selle pour cavalier, arçon à palette mobile, pourvu d'une couverture en peau chamoisée;

Une bride du modèle militaire ordonnance 1863 française et deux licols d'écurie complètent cette exposition qui, ainsi que ses rivales, cherche à se rapprocher de la fabrication française.

Comité local du Tonkin, Indo-Chine.

Tout l'intérêt de l'exposition du Comité local du Tonkin est dans l'emprunt qu'il fait à la sellerie française. Et nous avons examiné ses produits avec un attrait d'autant plus grand que toutes les explications les concernant, très instructives au point de vue national, nous étaient fournies par le plus courtois des mandataires.

Le travail de fabrication, essentiellement local, exécuté par des indigènes avec les produits du pays, sous la direction d'un chef d'atelier français, M. Godard, donne l'idée de ce qu'on pourrait attendre d'une pratique plus grande, d'ouvriers dont l'apprentissage n'est pas achevé.

Le Jury, dans l'attribution de la récompense décernée au Comité local du Tonkin, a cru ne pas devoir tenir compte exclusivement de la valeur réelle des produits exposés, mais aussi des conditions

particulières de main-d'œuvre et autres ci-dessus énoncées dans lesquelles ces exposants se trouvent placés.

La production qui nous est présentée consiste en :

Un harnais à un cheval, coté au prix de 50 francs;

Une première selle, imitation du genre français, cotée 7 fr. 50;

Une deuxième selle traitée avec du cuir indigène, cotée 12 fr. 50;

Une troisième selle, imitant toujours le travail français, mais plus façonnée et toute doublée en peau de cochon, avec la bride faite par les mêmes ouvriers, mais dont le prix, à notre regret, n'a pu nous être donné.

M. Schmidt (*Michel*), Roumanie.

M. Michel Schmidt, à Bucarest, sellier-harnacheur, expose :

Une paire de harnais, cuir noir, garniture plaquée argent, tirage sur colliers en cuir jaune, doublés en peau de cochon, du genre de l'attelage français.

M. Senpétéry, Roumanie.

M. Senpétéry, à Bucarest, sellier-harnacheur, salea Mosilov.

Maison fondée en 1879 et occupant aujourd'hui 20 ouvriers.

Les produits exposés se bornent à une paire de harnais, cuir noir, tirage sur bricoles, garniture et bouclerie plaquées argent, avec un gland feuillé comme ornementation employé à profusion, offrant beaucoup d'analogie, en dehors du type propre du harnais, avec le même motif d'ornementation employé par M. Wolk, exposant à la section russe.

M. Dyppel (*Guillaume*), Grèce.

M. Guillaume Dyppel, à Athènes, sellier, expose à l'annexe de Vincennes :

Un harnachement pour cavalier, dont la selle montée sur un arçon élastique est pourvue de panneaux dont le matelassage, disposé pour répondre aux formes du cheval, est de tous ceux qui nous ont été présentés celui le mieux compris et le mieux exécuté.

M. Odin (*Martial*), France.

M. Martial Odin, à la Rochelle, garnitures de harnais et boucleries pour selliers et bourreliers, rue Gambetta, 2.

C'est particulièrement pour faire connaître et propager son système de porte-brancard que M. Odin a exposé.

Il ne serait pas impossible d'obtenir le même résultat par des procédés plus simples, mais le système de M. Odin méritait de fixer l'attention du Jury et suffit à justifier la récompense qui lui a été attribuée.

Patent Woollen Cloth and C°, Grande-Bretagne.

M. Edmwood Mills, à Leeds, tapis pour selles, Camp Road.

Cette maison peut avoir un demi-siècle d'existence, c'est ce qui explique l'importance que lui reconnaît M. Alphonse Camille jeune, commissionnaire sellier, son correspondant à Paris.

Ce qui distingue cette maison de ses similaires, c'est sa fabrication spéciale pour les tapis de selles feutre de laine et ceux obtenus par le foulonnage de matières textiles, dont la fibre se prête à cet emploi, ce qui lui permet de les offrir à un prix très modéré.

M. Zimmermann (Ferdinand), Hongrie.

M. Zimmermann, à Budapest, sellier-bourrelier, Vaczi Korut, 74.

M. Zimmermann expose :

Des harnais hongrois, de fabrication locale, qui doivent être employés sur des chevaux attelés à des grosses voitures dont on se sert pour transporter les voyageurs et pour faire les charrois.

Ceux qui ont été soumis à notre examen sont de fabrication exceptionnelle par la nature, par la diversité et la variété des matières employées; ils sont très pittoresques d'aspect et faits avec un certain goût.

Des bidons hongrois en terre, garnis de passementeries, d'effilés et de cordelières, rentrant dans la production de la maison, complètent cette exposition.

M. Bartha (Georges), Hongrie.

M. Georges Bartha, sellier-harnacheur, à Szathmär-Németi, expose :

Deux harnais à deux chevaux, tous deux à tirage sur bricoles.

Le premier, cuir noir, découpé, dentelé, crannelé, avec bouclerie et passants en nickel, assortis aux découpages des cuirs, et chasse-mouches traditionnels.

Le second harnais est en cuir jaune, garniture métal blanc.

Gouvernement de Mexico, Mexique.

Le Gouvernement de Mexico expose :

Une selle type national, avec ses accessoires couverts de broderies en or et en argent.

La housse de cette selle est revêtue d'une peau de jaguar.

M. Pélissier (Ernest), France.

M. Ernest Pélissier, en Tunisie, éperonnier, place du Marché, à Sfax.

M. Pélissier soumet à l'examen du Jury des pièces d'éperonnerie forgées et martelées, telles que éperons, mors et étriers, qui prouvent sa capacité dans sa profession industrielle.

IMPRIMERIE NATIONALE.

MM. Lavoipierre de Chaumont *et* Cie, France.

MM. Lavoipierre de Chaumont et Cie, à Paris, installations d'écuries et selleries, mangeoires système hygiénique et économique, rue des Mathurins, 59.

Dans les dispositions et dans la construction des installations d'écuries, que M. Lavoipierre soumet à l'examen du Jury et pour lequel ce Jury avoue n'avoir qu'une compétence relative, nous ne pouvons retenir d'une façon appréciable que le système de mangeoires hygiéniques et économiques imaginées par cet exposant.

La simplicité du procédé est la meilleure recommandation auprès du propriétaire d'écurie.

On comprend que ce système ait été adopté par toutes les administrations de l'État qui, au chapitre où le bénéfice de son emploi doit ressortir, peut réaliser d'après ce fonctionnement une réelle économie sur le budget des dépenses nationales.

MÉDAILLES DE BRONZE.

M. Paquis (*Eugène*), France.

M. Eugène Paquis, à Billancourt (Seine), sellier-bourrelier, spécialité de colliers d'ajustage sur garrot, pour chevaux de gros traits, rue Thiers, 82.

Dans les détails de la fabrication des colliers que M. Paquis soumet à l'examen du Jury, il existe des intentions qui ne sont que louables, puisque ces détails n'ont été ajoutés que pour empêcher les blessures qui se produisent par un collier mal établi.

Mais les perfectionnements qui caractérisent ces modifications nous paraissent si compliqués qu'on se demande s'ils sont capables de supporter les efforts violents que fait au travail le cheval qui en est garni.

Néanmoins, il faut avant de porter un jugement définitif attendre les résultats que produiront la mise en service de cette pièce capitale pour l'attelage des chevaux de gros traits.

M. Grouazel (*Romain*), France.

M. Grouazel, à Paris, sellier-bourrelier, colliers pour harnais de luxe et harnais de commerce, rue Mathis, 32.

M. Grouazel mérite les plus grands éloges pour toutes les inspirations qui motivent les incessantes recherches qu'il fait dans le but de soulager le cheval de gros traits.

Espérons que la pratique consacrera les inventions de cet exposant qui, à tous égards, mérite d'être encouragé.

M. Jijon Larrea (*Manuel*), Équateur.

M. Jijon Larrea, à San Florencio de Chillo, fabricant de tapis de feutre, expose, comme échantillon, un grand tapis de feutre, dont l'aspect et le toucher ont beaucoup de rapport avec nos feutres français.

Société anonyme le Ferro nickel, France.

La Société le Ferro nickel, à Paris, fabrique spéciale de garnitures de harnais, mors, étriers, éperons, chaînes, rue de Louvois, 10.

Le but que poursuit cette Société est de remplacer le métal initial par un métal d'alliage, aussi résistant que le fer sans avoir les inconvénients d'oxydation de ce dernier métal.

C'est donc exclusivement à l'emploi de ce métal pour certains articles de sellerie et non pas à la valeur de ces articles en eux-mêmes que le Jury a entendu décerner une récompense.

M. Wasaburô Ohgaki, Japon.

M. Wasaburô Ohgaki, à Tokio, fabricant de tapis en feutre.

M. Ohgaki expose des tapis de feutre en laine unie et d'autres échantillons d'étoffes feutrées laine et tissus végétaux, imprimés avec dessins et couleurs variées, ayant beaucoup de rapport avec ceux de la société Patent Woollen Cloth and C°, de la Grande-Bretagne.

M. Ondracsek (Joseph-François), Hongrie.

M. J.-F. Ondracseck, Budapest, éperonnier, Maria, u., 39.

M. Ondracseck expose des éperons, des mors, des étriers et autres pièces forgées, employées dans la sellerie et la bourrellerie.

MM. Steinberg et Brull, Roumanie.

MM. Steinberg et Brull, à Putna, selliers. — Forsani, à Putna.

Maison fondée en 1880 et qui occupe aujourd'hui 20 ouvriers.

Elle expose une selle pour cavalier, montée sur un arçon en cuir, siège et avances des quartiers piqués, les panneaux matelassés.

M. Vaïo (Jean), Roumanie.

M. Jean Vaïo, à Constantza, sellier, fondateur de sa maison en 1880, occupe 4 ouvriers.

M. Vaïo expose un étrier très ingénieusement constitué pour empêcher le grave accident résultant de l'engagement du pied du cavalier dans cet accessoire de la selle lorsqu'une chute se produit et aussi par la suppression du doublement de l'étrivière, ce qui diminue la moitié de l'épaisseur que cet autre accessoire produit sous la cuisse du cavalier.

Cet étrier mérite d'être étudié.

M. Pierson (Gustave), France.

M. Gustave Pierson, à Paris, fabricant de fouets d'attelage de luxe, cravaches et sticks, fouets de chasse, rue du Temple, 145.

Cette maison, fondée en 1879, a de suite cherché à répandre ses produits en Angleterre, qui monopolisait en quelque sorte cette fabrication.

Ses efforts, couronnés de succès, lui permirent d'établir des relations avec les marchands anglais de Londres, Walsall, Nottingham et Péterborough, et plus tard aussi de les étendre jusque dans les deux Amériques.

C'est ainsi que se ployant aux exigences de sa clientèle, il a pu s'approprier les modèles les plus acceptés sur tous ces marchés et, puissamment aidé par ses connaissances professionnelles, rechercher les procédés employés par ses concurrents pour se les approprier et lutter avec eux dans les conditions les plus avantageuses.

Chacun des produits qui nous est soumis porte le cachet de la bonne fabrication, comme apprêt, comme verni, comme montage; et nous ne saurions trop engager M. Pierson à persister dans cette voie qui placera cette industrie au premier rang.

M. Dubiez-Vaillant, France.

M. Dubiez-Vaillant, à Soissons (Aisne), sellier-harnacheur, spécialité pour la bricole collier, rue Porte-Crouy (faubourg Saint-Waast).

Maison fondée depuis vingt-quatre ans par le titulaire, qui puise dans les résultats obtenus par son travail les satisfactions que lui donne son appareil qu'il intitule collier bricole, dont les formes ne sont pas dépourvues d'une certaine élégance.

Les succès dus à ses efforts sont légitimes et l'application de son collier bricole sur l'encolure du cheval, en se prolongeant sur l'épaule, est des plus rationnelles.

Les modèles que renferme sa vitrine sont ceux qu'il adapte le plus couramment à tous les différents genres de harnais qu'il fabrique.

Comité local du Soudan français, France.

Le Comité local du Soudan français, à Kayes, sellerie-bourrellerie.

La colonie du Soudan français, dans son pavillon au Trocadéro, expose cinq selles, dont l'aspect et le caractère indiquent bien qu'elles ont été fabriquées avec les seules ressources que procurent les matières premières et la main-d'œuvre indigènes.

Comité central de Saint-Louis, France.

Le Comité de Saint-Louis, Soudan français, expose des selles indigènes pour chevaux et pour chameaux, avec accessoires, brides, mors, étriers. Ce sont d'intéressants spécimens du travail local.

M. Ronecker (Eugène), France.

M. Eugène Ronecker, à Souk Ahras, département de Constantine (Afrique), sellier.

M. Ronecker expose une selle arabe, le siège recouvert en fillali avec garniture de pommeau et de troussequin en peau de panthère.

La bride avec œillères est faite dans les mêmes conditions de travail.

United States Pneumatic horse Collar Company, États-Unis.

Compagnie ayant son siège à New-York, exploitation pour la fabrication du collier d'attelage en caoutchouc, Broadway, 52.

Cette société s'est constituée pour exploiter spécialement le collier à air comprimé dans une enveloppe en caoutchouc pour chevaux de tous les genres d'attelages.

Les types qu'elle soumet au Jury ont été disposés pour satisfaire aux différents services.

Nous n'avons pas à faire la critique de ce système employé pour les colliers de luxe, il existe depuis longtemps déjà sur la place de Paris.

Nous nous demandons seulement s'il est applicable pour les chevaux de gros traits.

Il est certain qu'il doit être plus doux à l'épaule et à toute l'encolure; mais quelle est la durée de sa résistance et de son usage?

Maintenu dans la conformation de l'encolure par une armature en métal formant verge, le pneu est pourvu d'un appareil de coton pour obvier aux conséquences du dégonflement trop complet.

Des attestations de satisfaction de l'emploi de ces colliers accompagnent les modèles.

M. Bock (Joseph), Hongrie.

M. Joseph Bock, à Nagy-Szeben, bourrelier, expose des ceintures, employées dans le costume national. Ces ceintures en peau sont brodées, en soie et en fils métalliques, formant des dessins de style bien oriental.

Bifurcated Rivet Company, Grande-Bretagne.

Cette Compagnie a son siège social à Londres, E. C. Wool Exchange, 10.

Sa fabrication consiste dans l'établissement des rivets métalliques pour les cuirs et celle des machines à river.

Elle est dirigée par M. Thomson, inventeur.

Le rivet entaillé Thomson, soumis à l'examen du Jury, est destiné à remplacer la couture dans l'assemblage des cuirs. L'avantage démontré est la rapidité de son emploi.

M. Charpentier (Charles), France.

M. Charles Charpentier, à Paris, cartonnages artistiques, spécialité de chevaux grandeur nature pour selliers et carrossiers, avenue de Montsouris, 34.

M. Charpentier expose deux chevaux, dont les attitudes et les formes se prêtent bien à tous les avantages qu'il peut en résulter pour les barnachements qu'ils sont appelés à faire ressortir.

M. Mercado (Trinitad), Mexique.

M. Trinitad Mercado, à Zacualtipan (état de Hidalgo), arçonnier, expose un arçon de selle mexicaine, dont les formes sont bien en rapport de conformation avec celle du rein du cheval.

C'est, du reste, ce que nous aurons à répéter, pour ses trois concurrents dont le travail est identique.

M. Regalado (Cristobal), Mexique.

M. Cristobal Regalado, à Quérétaro, arçonnier, expose un arçon pour selle mexicaine, pareil en tous points à celui de M. Mercado.

Gouvernement de Tabasco, Mexique.

Le Gouvernement de Tabasco, à San Juan Bautista, arçonnerie, expose un arçon de selle mexicaine pareil en tous points à celui de M. Mercado.

Gouvernement de Tepetitlan, Mexique.

Le Gouvernement de Tepetitlan, à Tepetitlan Tulo (Hidalgo), arçonnerie, expose un arçon de selle mexicaine, pareil en tous points à celui de M. Mercado.

MM. Stanley and sons, Grande-Bretagne.

MM. Stanley, à Walsall, manufacture de bouclerie.

Ces Messieurs, dans leur vitrine à l'esplanade des Invalides, exposent un grand assortiment de boucles, soit cuivre, soit acier, soit boucles enveloppées pour harnais et ceintures.

C'est de ces dernières seules que le Jury de la Classe 31 avait à se préoccuper.

Et c'est d'après l'inspection qu'il en a fait qu'il a jugé qu'il y avait lieu de proposer ces Messieurs pour la médaille de bronze qui leur a été décernée.

Association de Bourmakinsk, Russie.

Cette association, constituée par la réunion de petits industriels, expose au «village russe», au Trocadéro, une collection de mors, d'étriers et d'éperons.

Tout le matériel employé pour la fabrication nous a été déclaré provenir d'Angleterre; mais les produits soumis à notre examen nous ont bien été certifiés être de fabrication locale.

M. Elvrine, Russie.

M. Elvrine, à Koustary, sellier bourrelier.

M. Elvrine soumet à l'examen du Jury un harnais de troïka, cuir noir, dont la fabrication justifie la récompense qui lui a été décernée.

MENTIONS HONORABLES.

Mlle Ortéga (Élisa), Équateur.

Mlle Ortéga, à Quito, tressages en cuir.

Mlle Ortéga expose une bride avec rênes, fouets et lanières tressés.

M. Duponchelle, France.

M. Duponchelle, à Aubervilliers (Seine), bourrelier-sellier, route de Flandre, 11.

M. Duponchelle expose un modèle de collier, dont le dessin de sa circulaire reproduit fidèlement les formes et explique clairement sa construction et ses avantages.

La supériorité qu'offre son système sur ceux des colliers similaires présentés par ses concurrents consiste dans la simplicité.

M. Zimmermann (Charles), France.

M. Zimmermann, à Paris, inventeur d'un appareil pour maîtriser les chevaux, avenue Parmentier, 116.

L'appareil que M. Zimmermann expose a bien des rapports avec beaucoup d'autres qui n'ont jamais donné que des résultats incomplets.

Le Jury, néanmoins, a voulu encourager les patientes recherches de cet exposant en le proposant pour une mention honorable.

Hadj Ali ben Messaoud, France.

Hadj Ali ben Messaoud, à Constantine, sellier, expose deux brides en fillali, garnies de glands en laine de couleurs variées.

L'une de ces brides est pour cheval.

L'autre est disposée pour un chameau.

Beddiaf ben Tlili, France.

Beddiaf ben Tlili, de la smala des Souassi-Ghrara, bourrelier, expose un bât de fardier, gros attelage du pays.

Kremous Achouch, France.

Kremous Achouch, à Harat-Keribat-Djerba (Tunisie), bourrelier, expose deux bardas, selles pour les ânes, recouvertes en fillali rouge.

M. Vörös (Alexandre), Hongrie.

M. Alexandre Vörös, à Monor-Pest, maroquinier, expose des bidons garnis de passementeries et de cordelières en laine et des bretelles de fusils en peau et brodées suivant l'usage du pays.

Gouvernement de Zacatecas, Mexique.

Le Gouvernement de Zacatecas, état de Zacatecas, expose des mors de brides de selles, genre arabe, moitié forgés et moitié fondus.

M. Massaro (Pasquale), Italie.

M. Massaro, à Palerme, fabricant sellier, expose un harnachement en feutre soutaché avec franges en effilés de couleurs très variées. Les accessoires sont en tresses de coton fil et laine.

Ces harnachements sont beaucoup employés et vendus aux touristes.

M. Antonoff, Russie.

M. Antonoff, gouvernement de Riasan, bourrelier, ouvrier en bois, tourneur, expose au village russe au Trocadéro, des dougas, bois de brancards et autres accessoires de harnachement national.

TABLE DES MATIÈRES.

(Groupe VI. — Première partie, Classes 28 à 31.)

Classe 28. — Matériaux, matériel et procédés du génie civil.

Pages.

CLASSE 28 ..... 1 à 88

Composition du Jury 3

Observations préliminaires 5

Sous-divisions de la Classe 28. — Divisions du rapport 6

Matériaux de construction :

Matériaux divers 7
Chaux et ciments 8
Chaux 8
Ciments 10
Appareils divers pour l'industrie des chaux et ciments 17
Laboratoires d'essai 19
Plâtres 21
Asphaltes et bitumes 24
Pierres artificielles 24
Lièges agglomérés 26
Céramiques 26
Ciment armé 26

Le Bâtiment :

Observations préliminaires 30
Exposants divers 31
Fournisseurs du bâtiment 31
Architectes et entrepreneurs généraux 33
Entrepreneurs de maçonnerie 34
Menuiserie 40
Peinture en bâtiment 40
Charpente 40
Plomberie et couverture 41
Serrurerie 44
Exposants divers 44

Les Travaux publics :

Exposants divers 45
Fournisseurs de petit matériel 46
Fournisseurs de gros matériel 46
Excavateurs 46
Dragues 49
Perforatrices 52
Moyens de transports 56
Grues 58
Sonnettes-sabots pour battage de pieux 61
Bétonnières 62
Matériel de voirie 63
Entrepreneurs de travaux publics 65

Les Spécialités :
Phares et balises 80
Distributions d'eau potable et évacuation d'eaux usées 85

Classe 29. — Modèles, plans et dessins de travaux publics.

CLASSE 29 ..... 89 à 572
Composition du Jury 91
Avant-propos 93
État des récompenses par pays 95
Considérations générales 97

LIVRE PREMIER. — TRAVAUX PUBLICS.

FRANCE.

I. Routes et Ponts.

Pont Mirabeau 110
Pont Boucicaut 111

II. Navigation intérieure.

Canal latéral à la Loire 112
Canal de Roanne à Digoin 116
Canal du Centre 116
Canal de Bourgogne 117
Canal de Montbéliard à la haute Saône 118
Canal de la Marne à la Saône 120
Usines élévatoires de Valcourt, près Toul 123
Halage funiculaire des bateaux dans le souterrain du Mont-de-Billy 124
Installations diverses sur la basse Seine 125
Vannes à galets avec roulements sur billes 125
Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie 126
Détermination expérimentale des parties défectueuses du chenal des rivières 127

III. Navigation maritime.

Port de Dunkerque 127
Port de Calais 129
Port de Boulogne 131
Port de Dieppe 131
Port du Havre 132
Travaux d'amélioration de la Seine maritime 134
Jetée du port de la Houle-sous-Cancale 134
Port de Saint-Nazaire 135
Port de la Pallice 136
Port de Bordeaux 137
Port de Cette 139
Port de Marseille 139

IV. Chemins de fer.

Ligne de Bourges à Cosne 142

Ligne de Bourges à Gien 143
Ligne d'Issoudun à Saint-Florent 143
Chemins de fer départementaux de la Sarthe 144
Ligne de Nontron à Sarlat 147
Ligne de Carmaux à Rodez 148
Ligne de Tournemire au Vigan 151
Ligne de Castelsarrasin à Beaumont 152
Ligne de Quillan à Rivesaltes 152
Ligne d'Elne à Arles-sur-Tech (Pyrénées-Orientales) 153
Ligne de Prades à Olette (Pyrénées-Orientales) 153
Pont sur le Beuvron sur la ligne de Saint-Aignan à Blois 154

V. Administration centrale.

I. Direction des routes et de la navigation. — Statistique de la navigation intérieure. 155
II. Direction des chemins de fer. — Documents statistiques sur les chemins de fer français. — Cartes et diagrammes relatifs aux chemins de fer français. — Série d'aquarelles figurant les moyens de transport pour voyageurs depuis la Renaissance jusqu'à nos jours. — Cartes et cartogrammes relatifs aux transports publics depuis la fin du XVIIe siècle jusqu'à nos jours 156

VI. École nationale des Ponts et Chaussées et services annexes.

I. École nationale des Ponts et Chaussées 158
II. Services annexes rattachés à l'École des Ponts et Chaussées. — Bibliothèque. — Galerie des modèles. — Bureau des dessinateurs. — Atelier de photographie. — Annales des ponts et chaussées. — Laboratoire d'essais physiques-mécaniques. — Laboratoire de chimie. — Dépôt des instruments de précision et des machines. 159
III. Association des Ingénieurs des constructions civiles 160

VII. Ministère de l'Intérieur.

Principaux ouvrages classés par départements 160
Pont de Verdun, sur le Doubs 162
Pont de Charrey, sur la Saône 163
Pont de Gannay, sur la Loire 163
Pont d'Iguerande, sur la Loire 164
Pont de Vic, sur la Dordogne 164
Pont du Garrit, sur la Dordogne 164
Pont de Juvisy, sur la Seine 164

VIII. Département de la Seine.

Ponts de Puteaux, sur la Seine 165
Pont sur la Marne, entre Nogent et Champigny 165
Élargissement du pont de Suresnes, sur la Seine 165

IX. Chambres de commerce maritimes.

Port de Dunkerque 167
Port de Calais 168
Port de Boulogne 168
Port de Dieppe 169
Port de Fécamp 169
Port du Havre 170
Port de Rouen 170
Ports de Honfleur et Trouville 171
Port de Caen 171
Port de Cherbourg 172
Port de Granville 172

IX. Chambres de commerce maritimes (suite) :

Port de Nantes 172
Port de la Rochelle-la Pallice 173
Port de Bordeaux 173
Port de Bayonne 174
Port de Cette 174
Port de Marseille 175
Chambre de commerce de Roanne 176

X. Compagnies de chemins de fer.

Compagnie des chemins de fer de l'Est 177
Compagnie du chemin de fer d'Orléans 179
Compagnie des chemins de fer de l'Ouest 182
Compagnie du chemin de fer du Nord 186
Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée 188

XI. Compagnie des Docks et entrepôts de Marseille 190

XII. Constructeurs et Entrepreneurs de Travaux publics 191

Arnodin, à Châteauneuf-sur-Loire 192
Baudet, Donon et Cie, à Paris 193
Compagnie de Fives-Lille, à Paris 194
Daydé et Pillé, à Paris 197
Dulac, Ducloux et Minuit, à Paris. — Fondations par pilons foreurs et compresseurs. 201
Duparchy et Vigouroux, à Paris. — Chemin de fer de Djibouti à Harrar (Éthiopie) . . 201
Hersent et fils, à Paris 202
Kessler et Cie, à Argenteuil 208
Labat, à Bordeaux 210
Magnard et Cie, à Fourchambault 211
Michon, à Paris 212
Moisant, Laurent, Savey et Cie, à Paris 212
Nanquette et Marlaud, à Paris 217
Pantz, à Paris. — Charpentes métalliques 217
Schneider et Cie, à Paris 217
Société anonyme des ateliers de construction, forges et fonderies d'Haumont 221
Société anonyme des forges et chantiers de la Méditerranée, à Paris 221
Société des forges de Franche-Comté, à Besançon 222
Société de construction des Batignolles, à Paris 222
Société de constructions mécaniques de Levallois-Perret 223
Société française de constructions mécaniques, à Paris 225
Société des ponts et travaux en fer 226
Teste, Moret et Cie, à Lyon 229
Vesseyre frères, à Brioude 229

XIII. Institutions et publications techniques. — Divers.

Société des Ingénieurs civils de France 231
Le Génie civil, à Paris 232
La Revue technique, à Paris 233
Béranger, libraire-éditeur, à Paris 233
Château père et fils, à Paris 233
Digeon et fils aîné, à Paris 234
Vallot (Joseph et Henri), à Paris 234
Ville de Bagnères-de-Bigorre 235

COLONIES FRANÇAISES.

ALGÉRIE.

Gouvernement général de l'Algérie 236
Routes 236
Chemins de fer 237
Ports maritimes 238

TUNISIE.

Direction générale des travaux publics de la Régence, à Tunis 241
Routes 241
Travaux maritimes 242
Compagnie du port de Bizerte 245
Compagnie des chemins de fer de Bône-Guelma et prolongement 245
Compagnie des phosphates et du chemin de fer de Gafsa 246

SÉNÉGAL.

Travaux du port de Dakar (*voir Hersent*, p. 202).
Pont Faidherbe (*voir Nouguier et Kessler*, p. 208).
Service des travaux publics, à Saint-Louis 246

GUINÉE FRANÇAISE.

Service des Travaux publics, à Conakry 247
Comité local de l'Exposition 248

CÔTE D'IVOIRE.

Comité local de l'Exposition 248

DAHOMEY ET DÉPENDANCES.

Comité local de l'Exposition, à Porto-Novo 249

MADAGASCAR ET DÉPENDANCES.

Service des Travaux publics de Tananarive 251

INDO-CHINE.

Gouvernement général de l'Indo-Chine 254
Cochinchine 254
Cambodge 255
Annam 255
Tonkin 255
Laos 257

ALLEMAGNE.

Direction impériale des canaux, à Kiel.

Canal Empereur-Guillaume (dit aussi *Canal de Kiel*) 261
Écluses. — Ponts. — Bacs 262
Ponts tournants 263
Ponts fixes 263

A. Ministère des Travaux publics de la Prusse 265

B. Administration impériale du canal de Kiel (*voir Canal Empereur-Guillaume*, p. 261).

C. Le bris des glaces dans les cours d'eau de l'Empire d'Allemagne. 276
D. Le Sénat et la ville de Lubeck 277
Ministère de l'Intérieur du Royaume de Wurtemberg 280
Direction générale des chemins de fer de l'État du Grand-Duché de Bade. 284
Sénat de la ville libre hanséatique de Hambourg 285
Sénat de la ville libre hanséatique de Brême. 288
Municipalité de la ville de Mannheim. 289
Municipalité de la ville de Cologne. 291
Société de construction de machines de Duisbourg. 292
Gutehoffnungshütte (Société d'exploitation de mines et de travaux métalliques, à Oberhausen, dans la province rhénane). 294
Haniel et Lueg, à Dusseldorf-Grafenberg. 297
Société Harkort, à Duisbourg-sur-le-Rhin 298
Holzmann et Cie, à Francfort-sur-le-Mein 299
Fabrique de machines d'Esslingen, à Esslingen. 303
Pohlig, à Cologne 303
Société l'Union, à Dortmund (Westphalie). 305
Sociétés de contruction réunies d'Augsbourg et de Nuremberg. 306
Intze, à Aix-la-Chapelle 311

AUTRICHE.

Commission pour la régularisation du Danube, à Vienne 315
Commission pour la canalisation de la Moldau et de l'Elbe, à Prague. 317
Comité pour la construction du canal du Danube à la Moldau et à l'Elbe 320
Bureau central hydrographique. 321
Ministère impérial royal de l'Intérieur 322
Société autrichienne des ingénieurs et architectes, à Vienne. 322
Melan, à Brunn. 323
Birk, à Prague 324
Schromm, à Vienne. 324
Weber de Ebenhof, à Vienne 324

BELGIQUE.

Administration des Ponts et Chaussées, à Bruxelles. 327
Coiseau et Cousin. 329
Ville de Gand. 334
Société anonyme du canal et des installations maritimes de Bruxelles 335
Ville d'Anvers. 336
Vierendeel, à Bruges. 337

BOSNIE-HERZÉGOVINE.

Département des Travaux publics, à Sarajevo. 339

BULGARIE.

Ministère des Travaux publics, à Sofia. 340

DANEMARK.

Société du port franc de Copenhague. 341
Titan (Société anonyme Kœfoed, Hauberg, Malstrand et Helweg), à Copenhague. 343

ESPAGNE.

Garcia Faria (Pedro), à Barcelone 344
Palacio (A. de), à Madrid 344
Association des ingénieurs industriels, à Barcelone. 345

ÉTATS-UNIS.

Mississipi River Commission, à Saint-Louis (Missouri). 349

New-York 354
État de Massachusetts, à Boston. — Réseau de tramways. 357
Chicago Sanitary District. — Canal de drainage de Chicago 358
Haupt (Louis M.), à Philadelphie. — Travaux de l'Arkansas-Pass et résultats obtenus 359
Phoenix Bridge Company, à Phoenix-ville (Pensylvanie). — Photographies de ponts 360
Kansas City and Memphis Railway and Bridge Company, à Kansas-City (Missouri) 361
Illinois central railroad Company, à Chicago. — Modèle d'estacade en charpente 362
Chicago Milwaukee and Saint-Paul Railway Company. — Modèle de travée en bois du système Howe 362
Modjeski, à Chicago. — Photographies du pont de Rock-Island 362
American Society of civil Engineers 362
Engineering news publishing Company, à New-York 363

GRANDE-BRETAGNE ET CANADA.

London and South Western Railway C°. — Port de Southampton 364
Dominion of Canada, à Ottawa. — Travaux publics du Canada 365
Canadian Pacific Railway Company, à Montréal 368
Grand Trunk Railway Company, à Montréal 368

HONGRIE.

Direction nationale du Service des eaux, à Buda-Pesth 370
Section du Danube 371
Section de la Tisza. — Travaux de défense et de desséchement 372
Section hydrographique du Ministère de l'Agriculture, à Buda-Pesth. — Service hydrométrique 374
Service royal du canal François, à O. Becse 376
Service spécial de la correction de la Morva, à Poszoni 378
Bureaux du Service fluvial 378
Sociétés de correction et d'endiguement 378
Société centrale des riverains de la Tisza, à Buda-Pesth 378
Société d'endiguement et de desséchement de Körös-Tisza-Maros, à Szentes 379
Société d'endiguement et de desséchement de la rive gauche de la Vag, à Tornocz 379
Société d'endiguement et de desséchement de la région Heves-Szolnok-Jasz 379
Société de correction du cours supérieur de la Bodrog, à Töke-Terebes 380
Société d'endiguement de la Tisza (Comitat Szabolcs inférieur), à Debreczen 380
Ministère du Commerce, à Buda-Pesth 380
Croatie-Slavonie 387

ITALIE.

Ministère des Travaux publics, à Rome 388
Travaux de chemins de fer 389
Ports maritimes 391
Corrections de cours d'eau, colmatages et assainissements 392
Serrazanetti, à Bologne. — Appareils pour la défense du lit et des rives des fleuves, torrents, canaux, etc 395
Société des Ingénieurs et Architectes, à Turin 396

LUXEMBOURG.

Administration des travaux publics, à Luxembourg. — Pont sur la Pétrusse 397

MEXIQUE.

Comité du drainage de la vallée de Mexico 400
Commission hydrographique du Mexique, à Mexico 401
Direction générale des phares, à Mexico 401
Ministère des travaux publics, à Mexico 401

NORVÈGE.

Krag, directeur des routes, à Christiania 407
Le directeur des canaux, à Christiania 408
Norges statsbaner Baneafdelingen, à Christiania 409
Administration des ports de l'État, à Christiania 409
Phares de Norvège, à Christiania 410
Aktieselskabet Hafslund, à Hafslund, près Sarpsborg 410

PAYS-BAS.

Ministère du Waterstaat, du commerce et de l'industrie, à la Haye 412
Municipalité de Rotterdam. — Travaux du port 421
Compagnie du chemin de fer hollandais, à Amsterdam 424
Institut royal des ingénieurs néerlandais 425

PORTUGAL.

Port de Lisbonne (*Voir France, constructeurs, Hersent*, p. 202).
Association des Ingénieurs civils portugais, à Lisbonne. — Port de Leixoes 426
Direction des travaux du port de Ponta-Delgada (Açores) 428
Direction des travaux publics à Funchal (Madère) 429
Association de conducteurs de travaux publics et de mines, à Lisbonne 429
Institut commercial et industriel de Lisbonne 429

ROUMANIE.

Direction générale des chemins de fer roumains, à Bucarest. — Pont Carol Ier 430
Docks de Galatz 431
Direction générale du port de Constantza, à Bucarest 433
Ministère des travaux publics, École des ponts et chaussées, à Bucarest 435

RUSSIE.

Administration des chemins de fer (Construction) 438
Chemin de fer transsibérien 438
Chemin de fer sibérien occidental 440
Chemin de fer sibérien central 442
Pont sur l'Énisseï 443
Chemin de fer du Baïkal 445
Chemin de fer du Transbaïkal 446
Chemin de fer de l'Amour 447
Embranchement de Kaïdalovo à la frontière chinoise 447
Chemin de fer de l'Est chinois 448
Chemin de fer d'Oussouri 448
Chemin de fer de Perm à Kotlass 449
Résumé et conclusions 450
Administration des chemins de fer (Exploitation) 453
Administration des chaussées, des voies navigables et des ports de commerce 456
Chaussées 457
Voies navigables 457
Ports maritimes de commerce 461
Chancellerie du Ministère des voies de communication 465
Section des écoles du Ministère des voies de communication 466
Section de statistique et de cartographie du Ministère des voies de communication . . 468
Administration générale des ponts et chaussées de Finlande 468
Direction générale du pilotage et des phares de Finlande 469
Société des chemins de fer de Wladicaucase, à Pétersbourg 469
Société du chemin de fer de Moscou-Vindava-Rybinsk 469
Société du chemin de fer de Moscou-Yaroslaw-Arkangel 470
Société des chemins de fer du Sud-Est 470

Section VIII de la Société impériale technique de Russie à Saint-Pétersbourg. 470
Bélélubsky (Nicolas), à Pétersbourg. — Construction de ponts métalliques. 471
Raschevsky (Pierre), à Moscou. — Construction de ponceaux. 472
Timoxoff (Vsevolod), à Pétersbourg. — Publications. 472

RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE.

Service des travaux publics, à Prétoria. 474

SUISSE.

Percement du Simplon. 475
Compagnie du chemin de fer de la Jungfrau. 479
Compagnie du chemin de fer Yverdon-Sainte-Croix, à Yverdon. 480
Froté et Westermann, à Zurich. 481
Gouvernement du canton des Grisons, à Coire. 481

LIVRE DEUXIÈME. — TRAVAUX D'ÉDILITÉ.

FRANCE.

I. Expositions des municipalités.

Ville de Paris. 483
Ville de Dijon. 488
Ville de Pau. 488

II. Expositions individuelles ou collectives.

Bardoux et Blavette. 489
Baudet, Donon et Cie. 489
Bergès. 489
Bonna. 489
Chambrelent et Médebielle. 489
Compagnie de salubrité de Levallois-Perret. 490
Compagnie générale des eaux. 490
Compagnie du gaz de Paris. 490
Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. 490
Compagnie du gaz de Nancy. 491
Daime. 491
Dubois et Nicole. 491
Duclos. 491
Fabre. 491
Moreau. 491
Hennerique. 492
Kessler. 492
Le Blanc. 492
Mathelin et Garnier. 492
Puech. 492
Société générale d'entreprise d'eau, gaz et travaux publics. 492
Société des forges et chantiers de la Méditerranée. 493
Société d'étude pour l'adduction des eaux du lac de Genève à Paris. 493
Société des grands travaux de Marseille. 493
Superville et Pellier. 493
Vabre. 494

ALLEMAGNE.

Ville de Berlin. 494
Municipalité de Charlottenburg. 495

IMPRIMERIE NATIONALE

Municipalité de Chemnitz 495
Allgemeine Electrizitäts-Gesellschaft (Berlin) 495
Berlin-Anhaltische Maschinenbau Actiengesellschaft 496
Didier Stettiner Chamot-Fabrik Actiengesellschaft 496
Electrizitäts Actiengesellschaft, ci-devant Lahmeyer (Francfort-sur-le-Mein) 496
Electrizitäts Actiengesellschaft, ci-devant Schuckert (Nurenberg) 496
Gesellschaft für Lindes Eismachen (Berlin-Wiesbaden) 497
Helios Electrizitäts-Actiengesellschaft (Cologne-Ehrenfeld) 497
Intze 497
Maschinenfabrik Germania, ci-devant Schwalbe (Chemnitz) 498
Maschinenfabrik und Mühlenanstalt G. Luther (Brunswick) 498
O. von Miller (Munich) 498
Œsten (Berlin) 499
Riedenger Actiengesellschaft (Augsburg) 499
Siemens et Halske (Berlin) 499
Weismüller frères (Francfort-sur-le-Mein) 499

AUTRICHE.

Ville de Vienne 499
Mayreder 501

BELGIQUE.

Ministère de l'agriculture et des beaux-arts 501
La Campagnarde 501
Compagnie des eaux de Liège 501

ESPAGNE.

Eaux d'Alicante et de Santander 501

ÉTATS-UNIS.

Ville de New-York 501
Ville de Boston 502
Chicago. — Chicago sanitary district 504
Californie. — Standard electric C° 504

Expositions collectives ou privées.

Barber (New-York) 504
Baldwin (Cincinnati) 504
Broadway-Chamber (New-York) 505
Corydon-Purdy (New-York) 505
Deering-Harvester C° (Chicago) 505

GRANDE-BRETAGNE.

Septic tank syndicate (Exeter) 505
Port Sunligth, près Liverpool 505
Robertson, à Québec 505

HONGRIE.

Ville de Budapesth 505
Municipalité d'Arad 507
Municipalité de Kolosvor 507
Municipalité de Sopron 507
Municipalité de Szeged 507
Croatie-Slavonie 507

ITALIE. 507

MEXIQUE. 508

PAYS-BAS 508

PORTUGAL.

Municipalité de Lisbonne 508
Municipalité de Porto. 508

RUSSIE 509

RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE. 509

SUISSE.

Ville de Lucerne 509
Ateliers de construction Œrlikon. 510

LIVRE TROISIÈME. — TRAVAUX DE L'EXPOSITION.

Entrée de l'Exposition sur la place de la Concorde. 514
Palais des Champs-Élysées. 514
Palais de l'Esplanade des Invalides 520
I. Dispositions extérieures. 520
II. Dispositions intérieures. 523

Palais du Champ-de-Mars 524
I. Dispositions extérieures. 524
II. Dispositions intérieures. 528

Pavillons d'exposition indépendants des grands palais. 531
Pavillons officiels des nations étrangères. 534
Pavillons coloniaux, reconstitution de sites et monuments, attractions. 544
I. Algérie, Tunisie, colonies françaises. 544
II. Colonies étrangères. 546
III. Reconstitutions pittoresques de sites ou d'édifices, attractions. 546

Installations. 547
I. Installations collectives. 547
II. Installations étrangères. 549
III. Installations individuelles 552

Ponts, passerelles, plate-forme roulante, chemin de fer électrique, exposition de Vincennes. 553
Exposants ayant participé aux travaux. 559
Terrassements, travaux de fondation et de maçonnerie, fournitures de pierres, marbres et granits. 559
Charpentes métalliques. 560
Charpentes en bois. 564
Menuiserie 564
Travaux en ciment ou béton armé, plâtrerie, habillages sur métal déployé ou sur toile, panneaux en planches de plâtre et roseaux, pierres factices, stucs, asphaltes 565
Ouvrages de ferronnerie, serrurerie, quincaillerie, fonte, métallisation électrique 567
Couverture et plomberie, tuyauterie. 568
Chauffage, ventilation, installations électriques, ouvrages sanitaires, etc. 569
Peinture de bâtiment, dorure, vitrerie, vélums, travaux d'ignifugeage 569
Peinture décorative, mosaïques, verres et faïences colorés, grès céramé, marbrerie. 570
Sculpture décorative, staffs, plâtres ornés, rochers artificiels 571
Statuaire et peinture artistique. 571

Classe 30. — Carrosserie et charronnage, automobiles et cycles.

CLASSE 30 ..... 573 à 700
Composition du Jury 575
Considérations générales 577
Carrosserie, charronnage 582
Cycles et Motocycles 594
Automobiles 638
Moteurs 662
Voitures automobiles 682
Tableaux d'ensemble 696

Classe 31. — Sellerie et bourrellerie.

CLASSE 31 ..... 701 à 740
Composition du Jury 703
Sellerie et Bourrellerie 705
Hors concours 707
Grands prix 708
Médailles d'or 711
Médailles d'argent 719
Médailles de bronze 734
Mentions honorables 739

Imprimerie nationale. — 7133 — 02.

Special
.95-B10198
v.6, pt.1
GETTY CENTER
LIBRARY